

Rec'd PCI/PTO 15 JUN 2005

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-173201

(43)Date of publication of application : 29.06.1999

(51)Int.Cl. F02D 41/38
F02D 41/40

(21)Application number : 09-350160 (71)Applicant : ISUZU MOTORS LTD

(22)Date of filing : 05.12.1997 (72)Inventor : SAITO MASAOKI

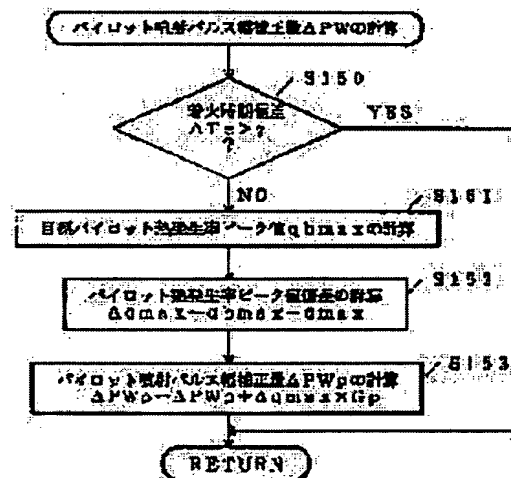
(54) PILOT FUEL INJECTION CONTROL METHOD AND DEVICE THEREOF IN ENGINE

(57)Abstract :

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide pilot injection control method and its device in an engine, capable of preventing fluctuations in the pilot injection quantity by prohibiting the correction of the pilot injection quantity when the correction quantity exceeds a predetermined threshold value.

SOLUTION: In the judgment by S190, when a deviation ΔT of the ignition timing for fuel injected by the pilot injection from a target value exceeds a predetermined deviation γ , the calculation of the pilot injection pulse width correction quantity ΔPWp , which is performed by S151 to S153 when the deviation ΔT does not exceed the deviation γ , is not performed.

Thus, since the control of pilot injection quantity is performed after the pilot ignition timing is stabilized, an unstable pilot injection such as excessive or insufficient pilot injection quantity can be prevented.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of filing of a request for decision of
rejection][Kind of disposal of application other
than the kind of disposal of rejection or
application of inverted registration]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of filing of self-application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of expiration of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-173201

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月29日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

F 0 2 D 41/38
41/40

F 0 2 D 41/38
41/40

B
E

審査請求 未請求 請求項の数6 F D (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願平9-350160

(22) 出願日 平成9年(1997)12月5日

(71) 出願人 000000170

いすゞ自動車株式会社

東京都品川区南大井6丁目26番1号

(72) 発明者 西頭 昌明

神奈川県藤沢市土棚8番地 株式会社い

すゞ中央研究所内

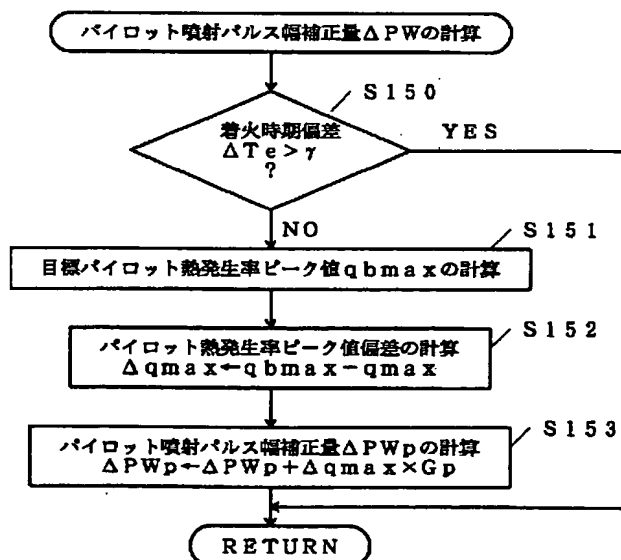
(74) 代理人 弁理士 尾仲 一宗 (外1名)

(54) 【発明の名称】 エンジンにおけるパイロット燃料噴射制御方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】 この発明は、パイロット噴射時期の補正量が予め決められた閾値を超える場合にパイロット噴射量の補正を禁止することにより、パイロット噴射量の変動を防止するエンジンにおけるパイロット噴射制御方法及び装置を提供する。

【解決手段】 S190の判定において、パイロット噴射によって噴射された燃料の着火時期とその目標値との偏差 ΔT_e が予め決められた偏差 γ を超える場合には、偏差 ΔT_e が偏差 γ を超えないとしたときのS151～S153で行われるパイロット噴射パルス幅補正量 $\Delta P W p$ の計算が行われない。したがって、パイロット着火時期が安定した後に、パイロット噴射量の制御が行われるので、パイロット噴射量が過大又は過少になる等の不安定なパイロット噴射を防止することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 インジェクタから燃焼室内へ噴射される燃料をメイン噴射と前記メイン噴射に先行するパイロット噴射とに分割して噴射し、エンジンの運転状態に基づいて予め決められている目標パイロット噴射時期及び目標パイロット噴射量から現在の前記エンジンの前記運転状態に応じた前記目標パイロット噴射時期及び目標パイロット噴射量を求め、前記燃焼室内の圧力に基づいて逐次求められる熱発生率が負から正に変化する時期として決定される着火時期と前記パイロット噴射に対応して予め決められた期間内における熱発生率ピーク値又は熱発生率積分値とが、それぞれ前記目標パイロット噴射時期及び前記目標パイロット噴射量に応じて定められる目標着火時期と目標熱発生率ピーク値又は目標熱発生率積分値とに一致するように、次の前記パイロット噴射におけるパイロット噴射時期及びパイロット噴射量を補正し、前記パイロット噴射時期を補正する補正量が予め決められた所定量を超える場合に前記パイロット噴射量の補正を行わないことから成るエンジンにおけるパイロット燃料噴射制御方法。

【請求項2】 前記パイロット噴射時期及び前記パイロット噴射量の補正は、前記インジェクタの作動時期及び前記作動期間を補正することにより行われることから成る請求項1に記載のエンジンにおけるパイロット燃料噴射制御方法。

【請求項3】 前記インジェクタの前記作動時期及び前記作動期間の補正量は、それぞれ前回の前記作動時期及び前記作動期間の前記補正量を、今回の前記着火時期、前記熱発生率ピーク値又は前記熱発生率積分値と前記目標着火時期、目標熱発生率ピーク値又は目標熱発生率積分値との偏差に基づいて補正することによって求められることから成る請求項2に記載のエンジンにおけるパイロット燃料噴射制御方法。

【請求項4】 燃料流路を通じて供給された燃料をエンジンの燃焼室内に噴射するインジェクタ、及び前記燃料をメイン噴射と前記メイン噴射に先行するパイロット噴射とに分割して噴射するように前記インジェクタの駆動を制御するコントローラを具備し、前記コントローラは、前記エンジンの運転状態に基づいて予め決められている目標パイロット噴射時期及び目標パイロット噴射量から現在の前記エンジンの前記運転状態に応じた前記目標パイロット噴射時期及び前記目標パイロット噴射量を求め、前記燃焼室内の圧力に基づいて逐次求められる熱発生率が負から正に変化する時期として決定される着火時期と前記パイロット噴射に対応して予め決められた期間内における熱発生率ピーク値又は熱発生率積分値とが、それぞれ前記目標パイロット噴射時期及び前記目標パイロット噴射量に応じて定められる目標着火時期と目標熱発生率ピーク値又は目標熱発生率積分値とに一致するように、次の前記パイロット噴射におけるパイロ

ット噴射時期及びパイロット噴射量を補正し、前記パイロット噴射時期を補正する補正量が予め決められた所定量を超える場合に前記パイロット噴射量の補正を行わないことから成るエンジンにおけるパイロット燃料噴射制御装置。

【請求項5】 前記パイロット噴射時期及び前記パイロット噴射量の補正は、前記インジェクタの作動時期及び前記作動期間を補正することにより行われることから成る請求項4に記載のエンジンにおけるパイロット燃料噴射制御装置。

【請求項6】 前記インジェクタの前記作動時期及び前記作動期間の補正量は、それぞれ前回の前記作動時期及び前記作動期間の前記補正量を、今回の前記着火時期、前記熱発生率ピーク値又は前記熱発生率積分値と前記目標着火時期、目標熱発生率ピーク値又は目標熱発生率積分値との偏差に基づいて補正することによって求められることから成る請求項5に記載のエンジンにおけるパイロット燃料噴射制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、メイン噴射に先行してパイロット噴射が燃焼室内に噴射されるエンジンのパイロット燃焼噴射量制御方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】ディーゼルエンジン等のエンジンにおいては、燃料噴射制御に関して、燃料噴射圧力の高圧化を図り、且つ燃料の噴射タイミング及び噴射量等の噴射特性をエンジンの運転状態に応じて最適に制御する方法として、コモンレール式燃料噴射システムが知られている。コモンレール式燃料噴射システムは、燃料ポンプによって所定圧力に加圧された燃料を複数のインジェクタに対して共通するコモンレールに供給し、コモンレールに供給された燃料をコントローラの制御の下で各インジェクタから対応する燃焼室内に噴射する燃料噴射システムである。コントローラは、各インジェクタにおいて燃料がエンジンの運転状態に対して最適な噴射条件で噴射されるように、コモンレールの燃料圧と各インジェクタに設けられた制御弁の作動とを制御している。エンジンの運転を最適に制御するため、コモンレール燃料噴射システムでは、エンジンの運転状態に応じて予め決められた燃料噴射量及び燃料噴射時期をマップ化してコントローラに記憶させておき、このマップ化して記憶された燃料噴射量及び燃料噴射時期から現在のエンジンの運転状態に対応した目標燃料噴射量及び目標燃料噴射時期を求め、求められた目標燃料噴射量及び目標燃料噴射時期と現在の燃料噴射量及び燃料噴射時期との偏差に基づいて、実際の燃料噴射時期がその目標噴射時期になるようにインジェクタの燃料噴射弁の駆動時期及び駆動期間等を電子的に制御して、インジェクタに形成された噴孔か

ら燃料を噴射している。

【0003】インジェクタの構造を図30を参照して簡単に説明する。図30は、インジェクタの縦断面図である。インジェクタ3は、シリンダヘッド等のベースに設けられた穴部にシール部材によって密封状態に取付けられるものであるが、シリンダヘッド等の構造については図示を省略している。インジェクタ3の上側側部には燃料入口継手60を介して、コモンレールから分岐した分岐管23が接続されている。インジェクタ3の本体内部には、燃料通路61、62が形成されており、分岐管23及び燃料通路61、62によって燃料流路が構成されている。燃料流路を通じて供給された燃料は、燃料溜まり63及び針弁64の周囲の通路を通じて、針弁64のリフト時に開く噴孔65から燃焼室内に噴射される。

【0004】インジェクタ3には、針弁64のリフトを制御するために、バランスチャンバ式の針弁リフト機構が設けられている。即ち、インジェクタ3の最上部には、電磁アクチュエータ66が設けられており、コントローラ37からの制御信号としての制御電流が、信号線67を通じて電磁アクチュエータ66の電磁ソレノイド68に送られる。電磁ソレノイド68が励磁されると、アーマチュア69が上昇して、燃料路71の端部に設けられた開閉弁72を開くので、燃料流路からバランスチャンバ70に供給された燃料の燃料圧が燃料路71を通じて解放される。インジェクタ3の本体内部に形成された中空穴73内には、コントロールピストン74が昇降可能に設けられている。低下したバランスチャンバ70内の圧力に基づく力とリターンスプリング75のばね力とによってコントロールピストン74に働く押下げ力よりも、燃料溜まり63に臨むテーパー面76に作用する燃料圧に基づいてコントロールピストン74を押し上げる力が勝るため、コントロールピストン74は上昇する。その結果、針弁64のリフトが許容され、噴孔65から燃料が噴射される。燃料噴射量は、燃料流路内の燃料圧と針弁のリフト（リフト量、リフト期間）とによって定められる。針弁64のリフトは、開閉弁72の開閉制御をするために電磁ソレノイド68へ送られる制御電流としての駆動パルスによって決定される。なお、針弁64の弁軸77は、ノズル78の中空穴79内を僅かな隙間を介して摺動可能であり、弁軸77の先端に形成されているテーパー部80がノズル78の対応したテーパー部に当接して噴孔65を開閉可能としている。

【0005】インジェクタ3の燃料噴射量Qとコントローラ37から電磁ソレノイド68に供給される噴射パルス幅PWとの関係が、図31に燃料圧力Pcr（コモンレール2内の燃料圧力）をパラメータとして示されている。燃料圧力Pcrを一定とすると、噴射パルス幅PWが大きいくほど燃料噴射量Qは多くなり、また、同じ噴射パルス幅PWであっても、燃料圧力Pcrが大であるほど燃料噴射量Qは大きくなる。一方、燃料噴射は噴射パ

ルスの立ち上がり時刻と立ち下がり時刻に対して一定時間遅れて開始又は停止されるので、噴射パルスがオン又はオフとなる時期を制御することによって、噴射タイミングを制御することができる。

【0006】ところで、ディーゼルエンジンは、アイドルリング運転のような低速、低負荷の運転状態にあるときに燃焼騒音を生じやすい。かかる燃焼騒音は、燃料の着火遅れに起因して発生するものである。そのため、燃焼騒音に対処する手段として、燃焼サイクルにおける総燃料噴射量のうち一部の量の燃料をメイン噴射に先行して行うパイロット噴射（予備噴射）で噴射することが有効であることが知られている。パイロット噴射によって噴射された燃料を燃焼させることによって燃焼室の壁面の温度を十分に高めておき、その後に残りの主たる燃料量を噴射（メイン噴射）するので、遅れたタイミングで生じる急激な燃料の燃焼、即ち、メイン噴射の着火遅れを回避することができる。また、燃料の噴射をパイロット噴射とメイン噴射とに分割しているので、初期燃焼が抑制され、NOxの低減も図ることもできる。即ち、燃焼初期にある程度の混合気が燃焼され、メイン噴射によって燃焼する混合気の量が少なくなるので、燃焼ガス温度を抑えることができ、NOxの発生量が減少する。

【0007】ディーゼルエンジンの燃料噴射時期制御方法或いはその装置として、筒内圧力の変化率を算出又は検出し、エンジンの燃焼噴射時期を制御するものとして、特開昭59-37235号公報、又は特開昭59-145334号公報に開示されたものがある。特開昭59-37235号公報に開示されたディーゼルエンジンの燃料噴射時期制御方法は、ディーゼルエンジンの各気筒毎に取り付けた燃焼圧センサによって燃焼圧を検出し、各気筒毎の単位時間当たりの燃焼圧の変化量を求め、いずれかの気筒の燃焼圧の変化量がディーゼルエンジンの運転状態に応じて予め定められた値を超えたときに、当該気筒の燃料噴射時期を遅角補正したものである。このような燃料噴射時期の遅角補正をすることにより、クランク角度の経過に伴う燃焼圧の変化曲線が各気筒毎にそのピーク値を下げると共に緩やかに変化するものとなり、エンジンの騒音レベルを低下させることが可能になる。

【0008】前掲の特開昭59-145334号公報に開示されたディーゼルエンジンの燃料噴射時期制御装置は、燃焼時の圧力ピークの発生時期及びそのピーク値が、燃焼を伴わないで単にピストンが往復するときの圧縮圧力ピークと比較すると着火時期に応じて変化していることに着目し、圧電素子で燃焼時の圧力の時間当たりの変化を検出し、燃焼時の圧力ピークが発生すればその後に圧力が低下することに対応して圧力変化が正から負へ変化するゼロクロスの時期を検出し、ゼロクロスの時期と圧縮圧力ピークの時期とを比較して、両時期の間隔が所定の時間内を外れると、所定の時期内に納まるよう

に、燃料噴射時期を進めるか又は遅らせる制御を行うものである。

【0009】ところで、ディーゼルエンジンの燃焼噴射制御装置として、パイロット噴射された燃料の燃焼のピーク及びその近傍を検出してメイン噴射の開始時期が、パイロット噴射による燃料の燃焼ピークあるいはその近傍となるように、メイン噴射時期とパイロット噴射時期のいずれか一方又は双方を制御するものが提案されている（特開平2-95751号公報）。パイロット噴射又はメイン噴射された燃料の燃焼のピークの検出は、燃焼室内の圧力波形を検出して圧力波形を熱発生率に置き換え、熱発生パターンからパイロット噴射又はメイン噴射に対応した熱発生ピークを検出することにより行われる。

【0010】また、エンジンの燃焼騒音を減少させる目的で、パイロット噴射時期を制御するものとして特開昭62-17343号公報に開示されたものがある。エンジンの近傍に騒音レベルを検出するセンサを取り付け、パイロット噴射時期を僅かに進めるか後退させるかによって騒音レベルの増減を検出し、エンジン騒音が最小となる方向にパイロット噴射時期をフィードバック制御している。

【0011】しかしながら、各気筒に設けられるインジェクタ3の燃料噴射特性には、インジェクタ3の加工誤差や組立誤差、コモンレールとインジェクタ3とを接続する分岐管23の長さ等の諸要因による個体差があるので、各インジェクタから目標噴射時期及び目標燃料噴射量通りに燃料を噴射することは困難である。着火時期について見ると、着火遅れの後に実際に燃料が着火する実燃料着火時期は目標着火時期に対してバラツキを生じている。パイロット噴射についてみても、パイロット噴射の駆動パルスの開始時期（以下、パイロット噴射時期という）から実際にパイロット噴射が行われるまでのインジェクタ応答時間は、インジェクタ毎にバラツキがあり、複数の気筒において燃焼状態が均一になっていない。また、燃料噴射量についてみても、実際に各インジェクタ3から噴射される燃料噴射量は、目標燃料噴射量に対しバラツキが生じている。

【0012】上記したように、パイロット噴射は、燃焼騒音とNO_xの発生とを防止する点で有効な手段ではあるが、燃料噴射量Qが極めて少なくなるアイドル運転状態では、図31に示すように、コモンレール圧力P_{cr}の大きさと噴射パルス幅PWとによって燃料噴射量を制御することが困難となる。即ち、燃料噴射量Qが大きい領域ではコモンレール圧力P_{cr}をパラメータとして変更することにより、又インジェクタ3の電磁アクチュエータ66に供給する噴射パルス幅PWを変えることで燃料噴射量Qを有効に制御することができるが、燃料噴射量Qが小さい領域ではコモンレール圧力P_{cr}も噴射パルス幅PWによっては燃料噴射量Qを細かく制御するこ

とが困難である。

【0013】この事情は、図32に示すように、目標燃料噴射量が大きな値(Q₁)である場合、同じ噴射パルス幅であっても、燃料噴射量のバラツキ範囲ΔQ₁の目標燃料噴射量Q₁に対する割合(ΔQ₁/Q₁)は比較的小さい値であるが、パイロット噴射の場合には目標パイロット噴射量Q₂が小さい値であるので、同じパイロット噴射パルス幅であるときの燃料噴射量のバラツキ範囲ΔQ₂の目標パイロット噴射量Q₂に対する割合は非常に大きくなることから理解され得る。

【0014】この燃料噴射特性のバラツキは、排気ガス中に含まれるNO_x又はスモークの量の増大を招く。特に、エンジンがアイドリング運転状態にあるときには、エンジン回転数が低いためにエンジンの運転状態が不安定であり、燃料噴射時期のバラツキは実燃料着火時期のバラツキに大きく影響し、その結果、排気ガス性能にも大きな影響を及ぼしている。元来、燃料噴射量が少ないパイロット噴射では、かかる各インジェクタ3の燃料噴射特性のバラツキにより、パイロット噴射としての役割を果たすことができないことがある。更に、コモンレールから各インジェクタ3への燃料流量特性に経時変化が生じる場合もあり、パイロット噴射の役割が、当初は期待できても時間の経過に伴って果たせなくなる可能性もある。パイロット噴射に関しては以上のような現象があるため、パイロット噴射を行おうとしても一部の気筒ではパイロット噴射が行われないことがあり、パイロット噴射による燃焼騒音とNO_xの低減効果が減少してしまうという問題点がある。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】エンジンの気筒の筒内圧力は、燃料の噴射がない圧縮と膨張を繰り返すときの筒内圧力と比較して、燃料の噴射とその後の燃焼によって筒内圧力に変化をもたらすことから、気筒の筒内圧力と気筒内での熱発生率とは対応関係が存在し、熱発生率の変化する時期と実燃料着火時期との間には関係があり、また、燃料噴射量の増減と熱発生率の高低或いはその積分値との間には関係があるとの見地に立つことができる。そこで、前記筒内圧力データから、熱発生率を求め、熱発生率の変化及び大きさ又は積分値から、実燃料着火時期を求めると共にパイロット噴射によって必要な量の燃料が噴射されているかどうかを求め、その結果に基づいて、個々のインジェクタの燃料噴射特性にバラツキや経時変化があった場合でも、実際のパイロット噴射時期とパイロット噴射量とを目標の噴射時期と噴射量に一致させ、特に、パイロット噴射について、パイロット噴射時期とパイロット噴射量とを同時に制御する場合には、互いに変動に関連性が生じるとパイロット噴射が不安定となり易いので、パイロット噴射時期が安定してからパイロット噴射量を補正することが求められる。

【0016】

【課題を解決するための手段】この発明の目的は、上記問題を解決することであって、インジェクタから噴射された燃料が着火・燃焼するエンジンにおいて、パイロット噴射とメイン噴射とによって噴射された燃料が着火することによって変化する燃焼室内圧力、即ち、筒内圧力を検出し、検出した筒内圧力に基づいて熱発生率を計算し、その計算結果に基づいて、パイロット噴射の実燃料着火時期が目標着火時期となり、パイロット噴射によって噴射された燃料が着火・燃焼することによって現れる熱発生率のピーク値又は熱発生量が目標のレベルになるように、インジェクタのアクチュエータを駆動するパイロット噴射パルスの駆動時期及び幅を補正することにより、個々のインジェクタの燃料噴射特性にバラツキや経時変化があった場合でも、パイロット噴射において必要な燃料量の噴射を行わせて、エンジンの騒音を減らし、且つ排気ガス特性を良好にすることを可能にするパイロット噴射量制御方法及びその装置を提供することである。

【0017】この発明は、インジェクタから燃焼室内へ噴射される燃料をメイン噴射と前記メイン噴射に先行するパイロット噴射とに分割して噴射し、エンジンの運転状態に基づいて予め決められている目標パイロット噴射時期及び目標パイロット噴射量から現在の前記エンジンの前記運転状態に応じた前記目標パイロット噴射時期及び目標パイロット噴射量を求め、前記燃焼室内の圧力に基づいて逐次求められる熱発生率が負から正に変化する時期として決定される着火時期と前記パイロット噴射に対応して予め決められた期間内における熱発生率ピーク値又は熱発生率積分値とが、それぞれ前記目標パイロット噴射時期及び前記目標パイロット噴射量に応じて定められる目標着火時期と目標熱発生率ピーク値又は目標熱発生率積分値とに一致するように、次の前記パイロット噴射におけるパイロット噴射時期及びパイロット噴射量を補正し、前記パイロット噴射時期を補正する補正量が予め決められた所定量を超える場合に前記パイロット噴射量の補正を行わないことから成るエンジンにおけるパイロット燃料噴射制御方法に関する。

【0018】また、この発明は、燃料流路を通じて供給された燃料をエンジンの燃焼室内に噴射するインジェクタ、及び前記燃料をメイン噴射と前記メイン噴射に先行するパイロット噴射とに分割して噴射するように前記インジェクタの駆動を制御するコントローラを具備し、前記コントローラは、前記エンジンの運転状態に基づいて予め決められている目標パイロット噴射時期及び目標パイロット噴射量から現在の前記エンジンの前記運転状態に応じた前記目標パイロット噴射時期及び前記目標パイロット噴射量を求め、前記燃焼室内の圧力に基づいて逐次求められる熱発生率が負から正に変化する時期として決定される着火時期と前記パイロット噴射に対応して予め決められた期間内における熱発生率ピーク値又は熱発

生率積分値とが、それぞれ前記目標パイロット噴射時期及び前記目標パイロット噴射量に応じて定められる目標着火時期と目標熱発生率ピーク値又は目標熱発生率積分値とに一致するように、次の前記パイロット噴射におけるパイロット噴射時期及びパイロット噴射量を補正し、前記パイロット噴射時期を補正する補正量が予め決められた所定量を超える場合に前記パイロット噴射量の補正を行わないことから成るエンジンにおけるパイロット燃料噴射制御装置に関する。

10 【0019】このエンジンにおけるパイロット燃料噴射制御方法及びその装置において、前記パイロット噴射時期及び前記パイロット噴射量の補正は、前記インジェクタの作動時期及び作動期間を補正することにより行われる。

20 【0020】更に、このエンジンにおけるパイロット燃料噴射制御方法及びその装置において、前記インジェクタの前記作動時期及び前記作動期間の補正量は、それぞれ前回の前記作動時期及び前記作動期間の前記補正量を、今回の前記着火時期、前記熱発生率ピーク値又は前記熱発生率積分値と前記目標着火時期、目標熱発生率ピーク値又は目標熱発生率積分値との偏差に基づいて補正することによって求められる。

30 【0021】この発明によるエンジンにおけるパイロット燃料噴射制御方法及びその装置によれば、エンジンの運転状態に基づいて予め決められている目標パイロット噴射時期及び目標パイロット噴射量から現在のエンジンの運転状態に応じた目標パイロット噴射時期及び目標パイロット噴射量が求められ、パイロット噴射によって噴射された燃料が燃焼し、前記燃焼室内の圧力に基づいて逐次求められる熱発生率が負から正に変化する時期として決定される着火時期とパイロット噴射に対応して予め決められた期間内における熱発生率ピーク値又は熱発生率積分値とが、それぞれ目標パイロット噴射時期及び目標パイロット噴射量に応じて定められる目標着火時期と目標熱発生率ピーク値又は目標熱発生率積分値とに一致するように、次のパイロット噴射におけるパイロット噴射時期及びパイロット噴射量が補正される。このように、パイロット噴射によって噴射された燃料の燃焼状態が目標パイロット噴射時期及び目標パイロット噴射量に応じて定められる燃焼状態に一致するように、パイロット噴射時期及びパイロット噴射量を補正する制御が行われるので、個々のインジェクタの燃料噴射特性にバラツキや経時変化があった場合でも、且つ燃料噴射制御が困難なパイロット噴射においても、必要なパイロット噴射量が常に確保され、エンジンの作動安定性や排気ガス性能等を良好に維持することが可能となる。また、パイロット噴射によって噴射された燃料の着火時期について、目標値との偏差が所定値より小さくなるまで、即ち、パイロット噴射時期の補正が安定するまでは、パイロット噴射量のフィードバック制御が禁止されて、パイロット

噴射量の補正が行われない。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明によるパイロット燃焼噴射制御方法及びその装置について説明する。図1はこの発明によるパイロット燃料噴射制御装置が適用されたエンジンにおけるコモンレール式燃料噴射システムの概要を示す模式図、図2はクランク角度の経過に応じた筒内圧力、燃料噴射率、及び熱発生率の変化の様子を示したグラフ、図3はクランク角度の経過に伴う各インジェクタでの筒内圧力及びデータ処理等の概要を示すグラフである。なお、インジェクタ3の構造等、従来の技術として説明したものも、この発明と矛盾しないかぎりこの発明の実施例として採用し得るものであり、適宜、実施例の説明に用いる。

【0023】この発明によるエンジンのパイロット燃料噴射制御方法及びその装置が適用されるコモンレール式燃料噴射システムの概要が、図1に示されている。このコモンレール式燃料噴射システムでは、エンジンは4気筒エンジンである。シリンダ2内に形成される燃焼室（図示せず）にそれぞれ燃料を噴射するインジェクタ31、32、33、34（総称するときは3を用いる）への燃料供給は、コモンレール22から、燃料流路の一部を構成する分岐管23を通じて行われる。フィードポンプ26は、燃料タンク24からフィルタ25を通過させて吸い出した燃料を所定の圧力に加圧し、加圧した燃料を燃料管27を通じて燃料ポンプ20に送り込む。燃料ポンプ20は、例えばエンジンによって駆動され、燃料をエンジンの運転状態等に基づいて定められる高圧に昇圧して燃料管29を通じてコモンレール22に供給する、所謂、プランジャ式のサプライ用の可変容量式高圧ポンプである。燃料は所定圧力に昇圧した状態でコモンレール22に貯留され、コモンレール22から各インジェクタ3に供給される。インジェクタ3は、電子制御ユニットであるコントローラ37の制御の下で、燃料を適当な噴射時期及び噴射量で対応する燃焼室内に噴射する。インジェクタ3から噴射される燃料の噴射圧力はコモンレール22に貯留されている燃料の圧力、即ち、コモンレール圧力に略等しいので、噴射圧力を制御するにはコモンレール圧力が制御される。燃料ポンプ20からリリースされた燃料は、戻し管35を通じて燃料タンク24に戻される。分岐管23からインジェクタ3に供給された燃料のうち、燃焼室への噴射に費やされなかった燃料も、戻し管36を通じて燃料タンク24に戻される。

【0024】コントローラ37には、エンジン回転速度 N_e を検出するためのクランク角度センサ10、アクセル開度量 A_{cc} を検出するためのアクセル開度センサ11、コモンレール22に設けられてコモンレール22内の燃料圧力（コモンレール圧力）を検出するコモンレール圧力センサ12、並びに冷却水温度を検出するための

水温センサ13等のエンジンに関する運転状態を検出するための各種センサからの信号が入力されている。これらセンサ以外にも、例えば、吸気管内圧力を検出するための吸気管内圧力センサを含めることができる。コントローラ37は、これらの信号に基づいて、エンジン出力及び排気ガス特性が運転状態に即した最適なものとなるように、各インジェクタ3による燃料の噴射特性、即ち、燃料の噴射時期、噴射圧力及び噴射量を制御する。インジェクタ3から燃料が噴射されることでコモンレール22内の燃料が消費されても、コントローラ37は、コモンレール圧力 P_{cr} が一定となるように燃料ポンプ20の吐出量を制御する。

【0025】図1に示される多気筒エンジン1は、4気筒エンジンである。4つの気筒#1～#4には、それぞれ、シリンダ2内に形成される燃焼室（図示せず）に燃料を噴射するインジェクタ31、32、33、34と、燃焼室内の圧力（筒内圧力）を検出する圧力検出手段としての筒内圧力センサ41、42、43、44（総称する時には4を用いる）とが配設されている。筒内圧力センサ4は、各気筒#1～#4の燃焼室に臨んで取り付けられている。筒内圧力センサ4が検出した各気筒#1～#4の筒内圧力を表す信号は、コントローラ37に入力される。また、多気筒エンジン1に設けられてエンジンの回転に関する情報を得るセンサ、即ち、基準となる気筒を判別する気筒判別センサ8、圧縮上死点前のクランク角度位置を検出するBTDC（before top dead center）センサ9及びクランク角度センサ10がそれぞれ検出した信号も、コントローラ37に入力される。

【0026】図2は、クランク角度 θ に対する、筒内圧力（燃焼室内圧力） P_c 、燃料噴射率 R_f 、及び熱発生率 q （詳細は後述）の変化の様子を示したグラフである。燃料噴射が行われない場合の筒内圧力 P_c の変化は、クランク角度 θ の変化に伴って、筒内圧力 P_c のピークに対して対称的な変化をするが、時刻 T_p に燃料噴射（パイロット噴射）が行われ、噴射された燃料がその後、時刻 T_{pz} で着火すると、筒内圧力 P_c の上昇が若干緩やかになり、その後大きく増加する。この急上昇する筒内圧力 P_c から燃料着火時期としてのクランク角度を正確に求めることは困難である。なお、中段のグラフに示す燃料噴射率 R_f は、パイロット噴射とメイン噴射とにおいてそれぞれピークを持つように噴射制御されている。

【0027】図3は、クランク角度の経過に伴う筒内圧力の変化及び各種信号の発生状況の概要を示すグラフである。クランク角センサ10はクランク角 1° 毎に信号を出力する。以下、クランク角 θ は、特に断らない限り、クランク角 1° 毎に1をカウントするクランク角度のカウント値であるとする。クランク角度 θ は、#1気筒の圧縮上死点で0であり、4サイクルエンジンではク

ランク軸の2回転、即ち、カウント値719で一巡する。図3の上段の4つのグラフは、それぞれ気筒#1～#4のクランク角度 θ の経過に伴う筒内圧力 P_c の変化を表している。エンジン1は4気筒であるので、気筒番号 n を列の並びに従って#1～#4とすると、燃焼順序 i は、表1に示すように、#1→#3→#4→#2の順となる。

【表1】

燃焼順序 i	気筒番号 n
1	#1
2	#3
3	#4
4	#2

各気筒#1～#4では、上記の順に次々と圧縮・爆発行程を迎えて燃焼が行われ、ある気筒が爆発行程を経過するときに、次の気筒は圧縮行程に入っている。エンジンの回転に関する各センサの出力が、図3の中段のグラフに示されている。#1の気筒は基準気筒であるので、圧縮上死点前 120° で気筒判別(REF)信号が出力される。また、各気筒の圧縮上死点前 60° でBTDC信号が出力される。#1気筒については、圧縮上死点前 180° から圧縮上死点後 180° まで、即ち、クランク角度 θ にして 540 以上で 180 未満であるときに#1気筒が圧縮・爆発行程を迎えるので、この期間に大きく変化する筒内圧力 P_c が検出され且つその検出データが格納される。格納されたデータに基づいて圧縮上死点後 180° からの所定の時間内にメイン処理が演算され、次のBTDC割込み信号に基づいてインジェクタ31の処理が行われる。図3の下段のグラフは、クランク角度 θ の増加に従って各気筒#1～#4における各インジェクタ3の処理の順序及びタイミングを概略的に示している。

【0028】このエンジンのコントローラ37を中心とする各種のセンサとインジェクタ3との関係が図4に示されている。図4はエンジンの回転に関する各種センサ及び筒内圧センサからの検出信号を受けて、各インジェクタへの制御信号を出力する多気筒エンジンのパイロット噴射量制御を含む燃料噴射制御を行うコントローラ37のブロック図である。エンジン1の回転センサは、気筒#1～#4のうち基準となる気筒、例えば#1の上死点前 120° の位置を判別する気筒判別(REF)センサ8と、各気筒#1～#4の爆発行程の上死点前 60° を検出するBTDCセンサ9と、クランク角度を 1° 毎に検出するクランク角度センサ10とから成る。気筒判別センサ8とBTDCセンサ9とは、エンジン1は4サイクルエンジンであるので、クランク軸が2回転する間に、それぞれ、4つのBTDC信号と1つのREF信号とを発するように、燃料ポンプ20の駆動軸又は吸排気

弁駆動用のカム軸に関連して配置されている。気筒判別REFセンサが検出した気筒判別信号及びクランク角度センサが検出したクランク角度信号は、CPU14へ入力されるのと平行に、DSP(digital signal processor)15にも入力される。DSP15は、入力された信号を高速で加減算することができる。

【0029】コントローラ37においては、上記のエンジン1の回転に関する各センサ8～10に加えて、エンジン1の運転状態を表すものとして、アクセル開度センサ11、コモンレール等の圧力を検出するコモンレール圧力センサ12、及びエンジン1の冷却を行う冷却水の温度を検出する水温センサ13、或いは吸気圧力センサからの検出信号が中央処理装置(CPU)14に入力される。

【0030】CPU14とDSP15との間のデータの遣り取りは、CPU14とDSP15とのどちら側からも読み書きが可能な共通RAMであるデュアルポートメモリ16を介して行われる。CPU14とデュアルポートメモリ16との間はCPUバス17を通じて接続されており、DSP15とデュアルポートメモリ16との間はDSPバス18を通じて接続されている。筒内圧力 P_c を検出する筒内圧力センサ4は、気筒#1～#4の各燃焼室に臨んで設けられている筒内圧力センサ41～44であり、筒内圧力 P_c を大気圧との相対圧力(ゲージ圧力)として検出する。筒内圧力センサ41～44が検出した筒内圧力のアナログ信号は、AD変換器19に入力されてデジタル信号に変換され、DSPバス18を通じてDSP15に送られる。

【0031】CPU14は、各センサ8～13から直接に入力されるエンジン1の運転状態を表す情報と、筒内圧力センサ41～44からの筒内圧力に関してDSP15で処理された結果等とに基づいて演算を行い、各気筒#1～#4にそれぞれ対応して設けられているインジェクタ31～34の燃料噴射時期、燃料噴射量、燃料噴射圧力制御等の燃料噴射に関する制御を行う。DSP15は、筒内圧力 P_c に関するデジタル信号の加減算の処理を高速で行う。この処理はデジタル処理であるので、筒内圧力 P_c の微分や積分も同様に高速で演算することができる。また、CPU15は、コモンレールの圧力を制御するため可変式の燃料ポンプ20の吐出量を制御し、排気ガス循環量を制御するためEGRバルブ21を制御する。

【0032】この発明によるパイロット燃料噴射制御では、パイロット熱発生率を筒内圧センサ41～44が検出した筒内圧力 P_c に基づいて求め、パイロット熱発生率のピーク値、又はパイロット熱発生率を積分することで求められるパイロット噴射に基づくパイロット熱発生量が、それぞれ目標ピーク値又は目標パイロット熱発生量と一致するようにインジェクタ3の電磁アクチュエー

タ66(図30参照)に供給されるパイロット噴射パルス幅が補正される。また、同時に、各筒内圧力センサ41~44が検出した筒内圧力 P_c から求められた熱発生率がゼロクロスする時期から求めた着火時期が目標着火時期に一致させるべく着火遅れを考慮して各インジェクタ3の燃料噴射時期が補正される。以下、かかるパイロット燃料噴射制御の詳細について、CPU14の作動とDSP15の作動とに基づいて説明する。

【0033】CPU14は、図5に示すメイン処理を行う。図5は、図4に示したコントローラにおけるCPUのメイン処理を示すフローチャートである。このメイン処理は、以下の各ステップから成る。

(1) CPU14の初期化が行われる(ステップ1、S1と略す。以下同じ)。

(2) センサ信号の処理を行う(S2)。図4に示したようにCPU14に入力される各種のセンサからの検出信号の処理を行う。

(3) S2で行われた信号処理で得られた情報に基づいて、各インジェクタ3が噴射すべき燃料量、即ち、燃料噴射量の計算を行う(S3)。燃料噴射量の計算は、多気筒エンジン1の運転状態、即ち、アクセル開度とエンジン回転数とによって予め決められ且つメモリに記憶されている燃料噴射量特性マップにおいて、現在の運転状態、即ち、アクセル開度センサ11が検出した現在のアクセル開度とBTDC信号等から求められたエンジン回転数とに対応した目標燃料噴射量 Q_b を求めることによって行われる(必要な噴射量の補正量とで最終燃料噴射量を求めることもある)。パイロット噴射量は、この目標燃料噴射量とエンジン回転速度とから求められ、メイン噴射量とで、前記目標燃料噴射量が分割される。

(4) また、S2で行われた信号処理で得られた情報に基づいて、各インジェクタ3が燃料を噴射すべき時期、即ち、燃料噴射時期が計算される(S4)。パイロット噴射とメイン噴射とのいずれの噴射であっても、燃料噴射量とエンジン回転速度とに基づいて予め決められている燃料噴射時期特性マップによって、S3で求めた燃料噴射量と現在のエンジン回転速度とに対応する目標燃料噴射時期が求められる。

(5) 更に、S2で行われた信号処理で得られた情報に基づいて、且つS3で求められた燃料噴射量を、S4で求められた燃料噴射時期に噴射できるように、燃料を噴射する圧力、即ち、燃料噴射圧力が計算される(S5)。燃料噴射圧力の制御は、燃料噴射量とエンジン回転数から目標噴射圧力を求めることにより行われ、更に具体的には、コモンレール圧力センサ12が検出するコモンレール圧力(燃料圧力) P_{cr} が目標噴射圧力となるように、燃料ポンプ20に関連して設けられる流量制御弁を制御することにより行われる。

【0034】既に説明したように、アクセル開度、エンジン回転速度等に基づいて予め決められた燃料噴射量特

性マップから、現在のエンジン運転状態であるアクセル開度、エンジン回転速度等に対応した目標燃料噴射量 Q_b が求められるが、パイロット噴射をする場合には、更に、この目標燃料噴射量 Q_b とエンジン回転速度とからパイロット噴射による燃料噴射量、即ち、パイロット噴射量 Q_p を求めて、目標燃料噴射量 Q_b をパイロット噴射量 Q_p とメイン噴射量 Q_m とに分割する。

【0035】BTDC角度として表されるパイロット噴射時期 T_p 、即ち、パイロット噴射をするためにインジェクタ3の電磁アクチュエータ66(図30参照)に供給されるパルスの開始時期と、熱発生率 q が負から正に変わる実着火時期としてのゼロクロス時期 T_{pz} 、パイロット熱発生率ピーク値 q_{max} 、及びパイロット熱発生率積分値 I_q との間には、図25(1)~(3)に示すように相関関係がある。パイロット噴射時期 T_p がBTDC角度で早まるほど、ゼロクロス時期 T_{pz} もBTDC角度で早くなる。パイロット熱発生率ピーク値 q_{max} 及びパイロット熱発生率積分値 I_q は、パイロット噴射時期 T_p の特定の時期で極大となることが分かっている。

【0036】また、図26に示すように、パイロット噴射量 Q_p (この場合に限り、実測値)と、熱発生率 q が負から正に変わるゼロクロス時期 T_{pz} 、パイロット熱発生率ピーク値 q_{max} 、及びパイロット熱発生率積分値 I_q との間にも、相関関係がある。ゼロクロス時期 T_{pz} は、パイロット噴射量 Q_p が一定量以上あれば、BTDCの一定角度に収斂するが、パイロット熱発生率ピーク値 q_{max} 、及びパイロット熱発生率積分値 I_q は、パイロット噴射量 Q_p の増加と共に漸増する。パイロット噴射量 Q_p とパイロット熱発生率ピーク値 q_{max} との間の相関については、図24からも理解される。即ち、目標燃料噴射量 Q_b に占めるパイロット噴射量 Q_p の割合を大きくすると、パイロット熱発生率ピーク値 q_{max} が高く且つ熱発生量が多くなると共にメイン噴射による熱発生率ピークが低く且つ熱発生量が小さくなる。図24に示す熱発生率 q の中では破線で示す変化を生じるようにパイロット噴射を行うのが最も望ましい。

【0037】燃料噴射制御は、上記のとおり噴射量制御、噴射時期制御及び噴射圧力制御から成り、コントローラ37は、熱発生率 q から求められるゼロクロス時期 T_{pz} 、パイロット熱発生率ピーク値 q_{max} 、及びパイロット熱発生率積分値 I_q に基づいて、上記の相関関係から、上記の各噴射条件で各インジェクタ3から燃料が噴射されるように各インジェクタ3及び燃料ポンプ20の制御を行う。例えば、インジェクタ3のパイロット噴射駆動用パルスの出力時期やパルス幅を補正することで、パイロット噴射の噴射時期と噴射量とが補正される。図5に示すフローチャートにおいて、S1でCPU14が初期化された後は、S2~S5を燃料噴射を実行すべきインジェクタ3に対してそれぞれ順に実行し、且

つ各噴射毎に上記のS2～S5を繰り返す。インジェクタ3が噴射すべき燃料噴射量、燃料噴射時期及び可変式燃料ポンプ20によって定められる燃料噴射圧力は、排気ガス、騒音及び出力間に存在するトレードオフの関係の下で燃料噴射が最適となるように制御される。特に、エンジンがアイドル運転状態にあるときであっても、パイロット熱発生率ピーク値 q_{max} 又はパイロット熱発生率積分値 I_q が予め設定された目標値となるように、インジェクタ3の電磁アクチュエータ66を駆動するパイロット噴射パルス幅を補正すると共に、実着火時期が目標着火時期となるようにパイロット噴射時期を制御して、インジェクタ3の噴射特性にバラツキや経時変化があっても、最適なパイロット噴射とその燃焼を行わせる。

【0038】燃料ポンプ20のポンプ軸又は吸排気弁駆動用カム軸に固定した回転板には、基準気筒#1の圧縮上死点前 120° に対応した角度位置に1つの基準マーク(欠歯でよい)が形成されており、気筒判別センサ8がこの基準マークを検出することにより、ポンプ軸1回転当たり1回のREF信号を出力する。気筒判別センサ8がREF信号を出力すると、図6に示すようなREF割込み処理が行われる。図6は、図5に示すメイン処理において気筒判別信号がCPU14に入力されたときの割込み処理を示すフローチャートである。この割込み処理では、BTDC信号のカウンタ値CNbを0にするリセット処理が行われる。即ち、多気筒エンジン1は4気筒エンジンであるので、BTDC信号は0から3までの4つの整数を取り得る。カウンタ値CNbが0のときから各気筒での燃料の噴射と着火とが一巡して、カウンタ値CNbが4になる前に、気筒判別センサ8がこの基準マークを検出するので、カウンタ値CNbが0にセットされる(S6)。

【0039】燃料ポンプ20のポンプ軸又は吸排気弁駆動用カム軸に固定した回転板には、各気筒における圧縮上死点前 60° に対応した角度位置に4つの上死点前マーク(欠歯でよい)が 90° 毎に形成されており、BTDCセンサ9が上死点前マークを検出することにより、ポンプ軸1回転当たり4回のBTDC信号を出力する(図3の中段に示すグラフを参照)。BTDC信号がCPU14に入力されると、以下に説明するようなBTDC信号割込み処理が行われる。

【0040】図7のBTDC信号割込み処理は、次のように行われる。図7は、図5に示したCPUメイン処理における、BTDC信号が入力されたときの割込み処理を示すフローチャートである。

(1) エンジン1の回転速度が計算される(S10)。即ち、前回のBTDC信号を検出してから今回のBTDC信号を検出するまでに要した時間に基づいて、単位時間当たりのエンジン1の回転速度が算出される。

(2) BTDC信号のカウンタ値CNbが0であるか否

かを判定する(S11)。カウンタ値CNbが0であれば、燃焼順序 $i=1$ の気筒(#1)に設けられたインジェクタ31の燃料噴射処理(S2～S5とその後の燃料噴射の実行)を行う(S12)。このインジェクタの処理のタイミングの概要については、図3の最下段のグラフに示されている。

(3) S11での判定においてカウンタ値CNbが0でなければ、直ちにS13に移行し、カウンタ値CNbが1であるか否かを判定する(S13)。

10 (4) カウンタ値CNbが1であれば、 $i=2$ の気筒(#3)に設けられたインジェクタ33の燃料噴射処理(S2～S5とその後の燃料噴射の実行)を行う(S14)。

(5) S13での判定においてカウンタ値CNbが1でなければ、直ちにS15に移行し、以下上記と同様な判定処理と判定処理においてYESである場合のインジェクタの燃料噴射処理とが行われる(S15)。

20 (6) S12, S14, 或いは, S15で, #1～#4の何れかのインジェクタ3の燃料噴射処理を行うと、対応していたカウンタ値CNbの判定以外の判定では必ずNOとなるので、S16でカウンタ値CNbに1を増加したものを新たなカウンタ値CNbにして(S16)、この割込み処理を終了する。次回のこの割込み処理においても、次のカウンタ値CNbに対する判定は、S11, S13又はS15での同様の判定のいずれかでYESとなる。カウンタ値CNbを順次増加してカウンタ値CNbが3になると、カウンタ値CNbが4になる前に基準マークが検出されて、S6によってカウンタ値CNbは0にリセットされる。

30 【0041】次に、図8を参照してDSP15のメイン処理を説明する。図8は、図4に示したコントローラにおけるDSPメイン処理を示すフローチャートである。

(1) DSPの初期化を行う(S20)。

(2) 初期化が終了すれば、筒内圧処理を行う(S21)。筒内圧処理は、検出された気筒#1～#4の筒内圧力データの処理であり、該当する気筒#1～#4についてクランク角度 1° 毎に筒内圧力データ処理を繰り返して行い、熱発生率の計算とそれに基づくパイロット熱発生量等の計算をするためのものである。筒内圧処理の詳細については、後述する。

40 【0042】DSPにおいて、S21に示した筒内処理を行うに際しての前提として、図9に示すAD変換終了割込み処理が行われる。図9は、図7に示したDSPメイン処理におけるAD変換終了時の割込み処理を示すフローチャートである。この割込み処理では、筒内圧力

(即ち、燃焼室圧力)のAD変換結果の読み込み、クランク角度の初期化、筒内圧力データのメモリへの格納、及びクランク角度の更新の各ステップが、クランク角度の 1° 毎の信号に同期して実行される。即ち、クランク角度 1° 毎に各気筒の筒内圧力をAD変換器19(図4参

照)でアナログからデジタルに変換しているが、図9に示すAD変換終了割込み処理は、このAD変換器19による変換が終了する毎に割込み処理が行われる。

(1) 筒内圧力のAD変換結果ADr(i)を読み込む(S30)。各筒内圧力のAD変換結果ADr(i)は、燃焼順序i(=1~4)にPc(i)として読み込まれる。

(2) 次に、クランク角度の初期化が行われる(S31)。

(3) 筒内圧力データが、メモリに格納される(S32)。

(4) クランク角度の更新が行われる(S33)。
S31~S33については、それぞれ、以下に詳細を説明する。

【0043】次に、図10に示すフローチャートを参照してS31におけるクランク角度の初期化について説明する。図10は、図9に示すAD変換終了時の割込み処理におけるクランク角度の初期化の処理を示すフローチャートである。エンジンは4気筒エンジンであり、クランク軸の2回転で各気筒の燃料の噴射・着火が一巡するので、クランク角度の一巡周期はカウント回数で720である。クランク角度 θ は、 1° で1をカウントする。クランク角度 θ は、燃焼順序i=1の気筒(#1)が上死点の位置を取るときを0とし、4気筒の燃料の噴射・着火が一巡するまで、719までのカウント値を取る。

(1) クランク角度の初期化が既に完了しているか否かを判定する(S40)。既に、クランク角度の初期化が完了していれば、直ちにAD変換終了割込みのルーチンに戻る。クランク角度の初期化が完了していなければ、ステップはS41に移行する。

(2) 特定の気筒、即ち、i=1の気筒(#1)の上死点前120°に出力されるREF信号が立ち上がっているか否かを判定する(S41)。REF信号が立ち上がっていないければ、直ちにAD変換終了割込みのルーチンにリターンする。

(3) S41においてREF信号が立ち上がっていれば、クランク角度 θ を720マイナス120(即ち、600)に設定する(S42)。120は、気筒判別センサ8の取り付け角度に相当している。

(4) S42における設定が終了すると、クランク角度の初期化が完了する(S43)。一旦、クランク角度の初期化が行われると、次回にエンジンの始動が行われない限りクランク角度の初期化が行われることはない。

【0044】次に、図11に示すフローチャートを参照して、S32における筒内圧力データのメモリへの格納処理について説明する。図11は、図9に示すAD変換終了時の割込み処理における筒内圧データのメモリへの格納処理を示すフローチャートである。

(1) 初期化されたクランク角度 θ が540以上又は1

80未満であるか否かを判定する(S50)。クランク角度 θ がこの範囲に入っていないければ、S57に移行する。S50で定めるクランク角度 θ の範囲は、i=1の気筒(#1)のクランク角度が圧縮上死点の前後180°以内に対応した範囲であり、圧縮行程から爆発行程までの範囲である。この間の筒内圧力が着火時期制御に重要であり、データとして採用される。

(2) クランク角度 θ が540であるか否かが判定される(S51)。クランク角度 θ が540であれば、上記のクランク角度 θ の範囲の始点であるので、i=1の気筒についてのクランク角度として定義される気筒別クランク角度 $\theta_c(1)$ をクリアして0とする(S52)。括弧内の1は、i=1の気筒についてのクランク角度であることを示す。したがって、 $\theta_c(1)$ は、0から359までの値を取る。

(3) i=1の気筒についての筒内圧力Pc(1)を、気筒別クランク角度 $\theta_c(1)$ のときの筒内圧力Pc($\theta_c(1)$, 1)とする(S53)。

(4) i=1の気筒についての、気筒別クランク角度 $\theta_c(1)$ が359であるか否かを判定する(S54)。即ち、i=1の気筒についてのデータ採集クランク角度範囲の終点であるか否かを判定する。

(5) $\theta_c(1)$ が359であるとする、既に、 $\theta_c(1)$ は、0から359まで実行した後であるので、i=1の気筒についての筒内圧力データの格納が終了していることになる(S55)。

(6) $\theta_c(1)$ が359でないとする、 $\theta_c(1)$ は、まだ終点まで到達していないので、クランク角度を 1° 進めることに対応して、 $\theta_c(1)$ のカウント数を1だけ増加したものを新たな $\theta_c(1)$ とする(S56)。

【0045】(7) 次に、クランク角度 θ が0以上360未満であるか否かを判定する(S57)。クランク角度 θ がこの範囲に入っていないければ、S64に移行する。S57で定めるクランク角度 θ の範囲は、燃焼順序i=2の気筒(#3)のクランク角度が圧縮上死点の前後180°以内に対応した範囲であり、その圧縮行程から爆発行程までの範囲である。この間の筒内圧力が着火時期制御に必要であり、データとして採用される。したがって、クランク角度 θ が0以上180未満であるときには、i=1の気筒(#1)とi=2の気筒(#3)についての筒内圧力データの格納が行われる。

(8) クランク角度 θ が0であるか否かが判定される(S58)。クランク角度 θ が0であれば、上記のクランク角度 θ の範囲の始点であるので、i=2の気筒(#3)についてのクランク角度として定義される気筒別クランク角度 $\theta_c(2)$ をクリアして0とする(S59)。したがって、i=2の気筒についての $\theta_c(2)$ も、0から359までの値を取る。

(9) 気筒別クランク角度 $\theta_c(2)$ のときのi=2の

気筒についての筒内圧力 $P_c(2)$ を、筒内圧力 $P_c(\theta_c(2), 2)$ とする (S60)。

(10) $i=2$ の気筒についての、気筒別クランク角度 $\theta_c(2)$ が 359 であるか否かを判定する (S61)。

(11) $\theta_c(2)$ が 359 であるとする、既に、 $\theta_c(2)$ は、0 から 359 まで実行した後であるので、 $i=2$ の気筒についての筒内圧力データの格納が終了する (S62)。

(12) $\theta_c(2)$ が 359 でないとすると、 $\theta_c(2)$ は、まだ終点まで到達していないので、クランク角度を 1° 進めることに対応して、 $\theta_c(2)$ のカウンタ数を 1 だけ増加したものを新たな $\theta_c(2)$ とする (S63)。

(13) 以後、 $i=3$ 及び 4 の気筒 (#4 及び #2) についても、同様の処理をして、筒内圧力データをメモリに格納する (S64)。

【0046】次に、図12に示すフローチャートを参照して、クランク角度の更新処理について説明する。図12は、図9に示すAD変換終了時の割込み処理におけるクランク角度の更新処理を示すフローチャートである。 θ_c の 1 の増分毎に、クランク角度の更新処理 S33 が実行される。

(1) クランク角度 θ を 1 増加して更新する (S70)。

(2) クランク角度 θ が 720 未満であるか否かを判定*

$$V_\theta = V_c + \pi \times \frac{B^2}{4} \times \left\{ L + \frac{S}{2} - \left(\frac{S}{2} \cos \theta_c + \sqrt{L^2 - \left(\frac{S}{2} \cos \theta_c \right)^2} \right) \right\}$$

ここで、 V_c は隙間容積 [m^3]、 S はピストンストローク [m]、 L はコンロッド長さ [m]、 θ_c はクランク角度 (deg) である。この筒内容積 V_θ と、そのクランク角度 θ_c による微分値とは、クランク角度 θ_c が更新される毎にリアルタイムで演算してもよいが、予め計算で求めてメモリに格納されたマップデータから逐次*

*する (S71)。クランク角度 θ が 720 未満であれば、4つの気筒についての噴射と着火がまだ一巡していないので、AD変換終了後の割込み処理を続行する。

(3) クランク角度 θ が 720 以上であれば、クランク角度 θ を 0 にリセットする (S72)。

【0047】次に、図13に示すフローチャートを参照して、図8に示したDSPのメイン処理中における筒内圧処理 (S21) の詳細について説明する。図13は、図8に示すDSPのメイン処理における筒内圧処理を示すフローチャートである。

(1) 燃焼順序 $i=1$ の気筒 (#1) の 1 燃焼行程分の筒内圧力データ格納 (図11のS55) が終了しているか否かを判定する (S80)。 $i=1$ の気筒 (#1) の筒内圧力データ格納が終了していなければ、S84に移行して、 $i=2$ の気筒 (#3) の筒内圧力データ格納が終了しているか否かを判定する。

(2) S80の判定で、 $i=1$ の気筒の筒内圧力データ格納が終了していると、データにフィルタ処理を施す (S81)。筒内圧力データは、大きく変動しているので、移動平均を取る等のフィルタ処理を施してノイズを除去し、滑らかな筒内圧力曲線を得る (図2参照)。

【0048】(3) 得られた圧力曲線から、熱発生率 q の計算を行う (S82)。熱発生率 q は、次のようにして求められる。まず、筒内容積 V_θ は、次の式で表される。

【数1】

*読み出してもよい。また、筒内圧力 P_c とそのクランク角度 θ_c による微分値は、センサで検出し、DSPで処理することにより得られる。熱発生率 $q = dQ/d\theta_c$ は、次の式で求められる (式中、 θ_c は、連続する変数として扱う)。

【数2】

$$q = \frac{dQ}{d\theta_c} = \frac{1}{\kappa - 1} \left(V_\theta \cdot \frac{dP_\theta}{d\theta_c} + \kappa \cdot P_\theta \cdot \frac{dV_\theta}{d\theta_c} \right)$$

ここで、比熱比 κ は、一定であるとして、上の式をリアルタイムで計算する。

(4) S82で計算された熱発生率 q の結果に基づいて、パイロット噴射によって生じた熱発生率、即ち、パイロット熱発生率のピーク値である $q_{max}(1)$ の計算を行う (S83)。パイロット熱発生率のピーク値 $q_{max}(1)$ の計算の詳細については後述する。

$q_{max}(1)$ の計算の詳細については後述する。

【0049】(5) 燃焼順序 $i=1$ の気筒 (#1) の筒内圧力データ格納が終了していなければ、 $i=2$ の気筒 (#3) の筒内圧力データ格納が終了しているか否かを判定する (S84)。S84以降のフィルタ処理 (S85)、熱発生率 q の計算 (S86)、パイロット熱発生

率のピーク値 $q_{max}(2)$ の計算 (S87) の各ステップは、S80～S83と同様であるので、省略する。同様に、 $i=3$ の気筒 (#4) 及び $i=4$ の気筒 (#2) についても同様の処理が行われる。なお、図13の処理は、クランク角度の割込みで各気筒の10燃焼行程分の筒内圧力データの格納が終わった状態で、フィルタ処理、熱発生率 q の計算、パイロット熱発生率 q のピーク値 $q_{max}(i)$ の計算の各ステップが行われる。

【0050】次に、図14を参照して、燃料着火時期としてのパイロット着火時期 $T_{pz}(i)$ 及びパイロット熱発生率ピーク値 $q_{max}(i)$ の計算について説明する。図14は、図13に示す筒内圧処理におけるパイロット熱発生率ピーク値 $q_{max}(i)$ の計算処理と、パイロット着火時期 T_{pz} の検出処理とを示すフローチャートである。 i は、1～4の値を取り得る燃焼順序であり、各 i の値に対して共通の処理が行われるので、特に断らない限り燃焼順序の記述を省略する。

(1) パイロット噴射をするためにインジェクタ3の電磁アクチュエータ66に供給されるパルスの開始時期

(即ち、パイロット噴射時期) T_p と、メイン噴射をするためにインジェクタ3の電磁アクチュエータ66に供給されるパルスの開始時期 (メイン噴射時期と略す) T_m と、エンジン回転速度 N_e とを、デュアルポートメモリ16から読み込む (S90)。これらのデータは、CPU14で処理されてRAMであるデュアルポートメモリ16に書き込まれている (図4を参照)。

(2) パイロット噴射時期 T_p からパイロット熱発生率ピーク値 $q_{max}(i)$ の計算を開始する時期までの遅れを表す計算期間の開始遅れ θ_a (クランク角) を計算する (S91)。計算期間の開始遅れ θ_a は、図27に示すように、インジェクタ3の噴射遅れ θ_i に着火遅れ α を加えた値がそれよりも小さくなるように予め決められている。噴射遅れ θ_i はほぼ時間一定であり、着火遅れ α はエンジン回転速度 N_e によって変化するので、計算期間の開始遅れ θ_a はエンジン回転速度 N_e を変数とするマップデータとなる。

(3) パイロット噴射時期 T_p と開始遅れ θ_a とから、次の式によってパイロット熱発生率ピーク値 q_{max} の計算開始角度 θ_s を計算する (S92)。なお、パイロット噴射時期 T_p はクランク角度に次元を合わせておく。

$$\theta_s \leftarrow T_p + \theta_a$$

(4) メイン噴射時期 T_m からパイロット熱発生率ピーク値 q_{max} の計算期間終了遅れ θ_b が計算される (S93)。計算期間終了遅れ θ_b は、メイン噴射のためにインジェクタの電磁アクチュエータに供給される駆動パルスの立上りに相当するメイン噴射時期 T_m からメイン噴射が噴射されるまでの噴射遅れと、メイン噴射で噴射された燃料が着火する時期までの着火遅れ β との和に相当する期間として計算される。着火遅れ β はエンジン回

転速度 N_e に依存しているので、計算期間終了遅れ θ_b はエンジン回転速度 N_e を変数とするマップデータとなる。

(5) メイン噴射時期 T_m と計算期間終了遅れ θ_b とから、次の式によってパイロット熱発生率ピーク値 q_{max} の計算終了角度 θ_e が、計算される (S94)。なお、パイロット噴射時期 T_p はクランク角度に次元を合わせておく。

$$\theta_e \leftarrow T_m + \theta_b$$

(6) θ_s から θ_e までの計算角度期間に存在する、パイロット噴射によって噴射された燃料が着火する時期、即ち、パイロット着火時期 T_{pz} を検出する (S95)。検出されたパイロット着火時期 T_{pz} は、図4に示すデュアルポートメモリ16に書き込まれる。

(7) θ_s から θ_e までの計算角度期間における最大値としてのパイロット熱発生率ピーク値 q_{max} を計算で求めて、デュアルポートメモリ16に書き込む (S96)。

なお、計算期間開始遅れ θ_a と計算期間終了遅れ θ_b とエンジン回転速度との関係が、図28のグラフに示されている。一般的に、エンジン回転速度が増加すると、遅れとして現れるクランク角度は小さくなる傾向にある。

【0051】次に、図15を参照して、熱発生率のデータを用いたパイロット着火時期 T_{pz} の計算について説明する。図15は、図13に示した筒内圧処理において求められた熱発生率からパイロット着火時期 T_{pz} を求める計算処理を示すフローチャートである。各燃焼順序 i (1～4の値を取り得る) に対して共通の処理が行われる。また、 θ_c は各気筒の圧縮膨張過程のクランク角度 (カウント値) であって、爆発行程上死点の前後180°の範囲のクランク角度を0～359までカウントする。このフローチャートは、S100で示すように、 θ_c が3以上の場合に実行される。S83やS86等において熱発生率 q が既に求められている。また、図29に示すクランク角度 θ_c に対する熱発生率 q のグラフを参照する。なお、パイロット着火時期 T_{pz} は、デュアルポートメモリ16 (図4参照) 上のデータである。

(1) 燃料の着火・燃焼が行われている気筒について、 $q(\theta_c - 3)$ が負であるか否かを判定する (S101)。

(2) $q(\theta_c - 3)$ が負であれば、当該気筒のクランク角度 θ_c が1カウントだけ進んだ時の $q(\theta_c - 2)$ が負であるか否かを判定する (S102)。

(3) $q(\theta_c - 2)$ が負であれば、当該気筒のクランク角度 θ_c が更に1カウントだけ進んだ時の $q(\theta_c - 1)$ が正であるか否かを判定する (S103)。

(4) $q(\theta_c - 1)$ が正であれば、当該気筒のクランク角度 θ_c が更に1カウントだけ進んだ時の $q(\theta_c)$ が正であるか否かを判定する (S104)。

【0052】(5) $q(\theta_c)$ が正であれば、パイロ

ト着火時期 T_{pz} は、 θ_{c-2} であるとする(S105)。即ち、連続する4つのクランク角度で、中間の時点である θ_{c-2} と θ_{c-1} との間で熱発生率 q の符号が変化しているのを、パイロット着火時期 T_{pz} を θ_{c-2} とみなしている。実際は、ゼロクロス点は θ_{c-2} と θ_{c-1} との間であるので、補間してゼロクロス点を求めてもよい。また、演算の精度が良好である場合には、前後の2点で符号が負から正に変化したときをゼロクロス点として求めてもよい。

(6) S101で $q(\theta_{c-3})$ が正のとき、S102で $q(\theta_{c-2})$ が正のとき、S103で $q(\theta_{c-1})$ が負のとき、及びS104で $q(\theta_c)$ が負のときは、それぞれパイロット着火時期 T_{pz} をクランク角度が0の時期とする(S106)。即ち、 θ_{c-2} と θ_{c-1} との間で q の符号が変化するときのみ、S105でパイロット着火時期 T_{pz} が求められ、それ以外の状況ではすべてパイロット着火時期 T_{pz} が0とされる。

(7) パイロット着火時期 T_{pz} が0であるか否かを判定する(S107)。

(8) パイロット着火時期 T_{pz} が0であると、クランク角度 c を1カウント増加する(S108)。

(9) クランク角度 θ_c が360で有るか否かを判定する(S109)。即ち、 θ_c の取り得る範囲の最後のカウント値であるか否かを判定する。 θ_c がまだ360でなければ、S101に戻って、再度ルーチンを実行する。

【0053】図2を再度参照すると、時刻 T_p にパイロット燃料噴射が行われて且つ噴射された燃料が着火すると、筒内圧力 P_c の上昇が若干緩やかになり、その後の着火によって大きく増加する。この急上昇する筒内圧力 P_c から燃料が着火するクランク角度を正確に判断するのは困難であったが、熱発生率 q に着目すると、上記のように、実燃料着火時期を正確に求めることができる。即ち、図2の中段のグラフに示す燃料噴射率 R_f で燃料が燃焼室内に噴射されると、下段の熱発生率 q のグラフに示すように、一旦は吸熱により負の熱発生率を示すが、その後、正の熱発生率に変化する。熱発生率 q は、燃料噴射が行われた当初は若干負になる(燃料の気化による)が、パイロット噴射によって噴射された燃料の着火によって増加に転じ、熱発生率 q が負から正に転じるゼロクロス時刻を着火時期とみなすことで容易にパイロット着火時期 T_{pz} を定めることができる。なお、時刻 T_p から時刻 T_{pz} までの期間が燃料の着火遅れ期間に相当する。パイロット着火時期 T_{pz} が求まると、実燃料着火時期が、運転状態に応じて求められる目標燃料着火時期と一致するように、各インジェクタにおける燃料噴射時期が修正される。燃料噴射時期の具体的な修正処理については、後述する。

【0054】次に、S96で示した、パイロット熱発生率ピーク値 q_{max} の計算について図16を参照して説

明する。図16は、図14に示したパイロット熱発生率ピーク値 q_{max} の計算(S96)におけるパイロット熱発生率ピーク値 q_{max} の計算を示すフローチャートである。

(1) 計算角度期間の始点 θ_s を θ_{max} と置き、始点 θ_s における熱発生率 $q(\theta_s)$ を q_{max} と置く(S110)。

(2) クランク角度 θ に増分 1° を加えたものを新たなクランク角度 θ_c とする(S111)。

(3) 新たなクランク角度 θ_c のときの熱発生率 $q(\theta_c)$ が、前回の熱発生率 $q(\theta_{c-1})$ よりも大であるか否かを判定する(S112)。

(4) 熱発生率 $q(\theta_c)$ が、熱発生率 $q(\theta_{c-1})$ よりも大であるときには、新たなクランク角度 θ_c のときの熱発生率 $q(\theta_c)$ によって q_{max} を置き換えると共に、 θ_{max} を新たなクランク角度 θ で置き換える(S113)。

(5) S102の判定において熱発生率 $q(\theta_c)$ が熱発生率 $q(\theta_{c-1})$ 以下であるとき、又はS103での置き換えが終わると、クランク角度 θ が計算角度期間の終点 θ_e 以下であるかを判定する(S114)。クランク角度 θ_c がまだ計算角度期間の終点 θ_e に到達していないときには、S111に戻って、上記の処理を繰り返す。クランク角度 θ が計算角度期間の終点 θ_e に到達すると、図14に示すパイロット着火時期及び熱発生率ピーク値の計算のフローに戻る。

【0055】次に、CPU14(図4参照)による処理の説明に戻る。図14～図16に示したフローチャートによって、パイロット着火時期 $T_{pz}(i)$ 及びパイロット熱発生率ピーク値 $q_{max}(i)$ が求まると、パイロット着火時期 $T_{pz}(i)$ 及びパイロット熱発生率ピーク値 $q_{max}(i)$ が予め決められたそれぞれの目標値と一致するように、各インジェクタ3の電磁アクチュエータ66に供給する駆動パルスの出力時期及び幅が補正される。その修正処理を、燃焼順序 i が1である気筒#1に設けられたインジェクタ31を例に採って、以下に説明する。なお、ここでは燃焼順序 $i=1$ に限るので、表示の簡素化のため省略する。図17は、図7に示したBTDC信号割込み処理におけるインジェクタ31の駆動処理におけるパイロット噴射用駆動パルスの出力時期及び幅の補正処理を示すフローチャートである。かかるパイロット噴射用駆動パルス幅の補正処理の前提として、図6に示す気筒判別REF信号に同期してREF割込み処理が開始されて気筒判別用カウンタCNbがリセットされ、更に、図7に示すBTDC信号に同期してBTDC信号割込み処理が開始され、気筒判別用カウンタCNbの値に応じて燃料の噴射を行う気筒が判定されているものとする。

(1) 該当するインジェクタによって燃料を噴射すべき燃料噴射の条件が、読み込まれる(S120)。燃料噴

射の条件は、燃料噴射圧力（即ち、コモンレール圧力 P_{cr} ）、メイン噴射量 Q_m 、パイロット噴射量 Q_p 、メイン噴射時期 T_m 、及びパイロット噴射時期 T_p である。

(2) 現在、パイロット噴射量 Q_p が 0 であるか否かを判定する (S121)。パイロット噴射量 Q_p が 0 のときには、パイロット熱発生率ピーク値 q_{max} を求める必要がないので、S129 へ移行してメイン噴射を行うためにインジェクタ 31 の電磁アクチュエータ 66 (図 30 参照) に供給される駆動パルス幅（以下、メイン噴射パルス幅と略す）を求める。

(3) パイロット噴射量 Q_p が 0 でない場合には、エンジンの運転状態がアイドル運転状態であるか否かを判定する (S122)。エンジンの運転状態がアイドル運転状態でない場合には、エンジン運転状態がアイドル運転であることに伴う諸問題（運転の不安定化、騒音、排気ガス特性）が特に顕著にならないので、S129 へ移行してメイン噴射における燃料噴射制御を行う。勿論、このステップ (S122) を省略して、アイドル運転以外の運転状態でも、パイロット噴射の噴射量と噴射時期とについて補正が行われるようにしてもよい。

(4) エンジンの運転状態がアイドル運転状態である場合には、例えば、その時のパイロット噴射量 Q_p やパイロット噴射時期 T_p 等に応じたパイロット噴射時期 T_p の補正量 ΔT_p が計算される (S123) と共に、パイロット噴射パルス幅 PW_p の補正量 ΔPW_p が計算される (S124)。これらの補正量の計算についての詳細は、後述される。

【0056】 (5) S123 で求められたパイロット噴射時期 T_p の補正量 ΔT_p に基づいて、次の式により前回のパイロット噴射時期を補正したものを今回の、即ち、最終のパイロット噴射時期 T_p とする (S125)。

$$T_p \leftarrow T_p + \Delta T_p$$

(6) 燃料噴射圧力 P_{cr} 、パイロット噴射量 Q_p 及びインジェクタ流量特性から、パイロット噴射パルス幅 PW_p を計算する (S126)。

(7) S126 で求めたパイロット噴射パルス幅 PW_p に、S124 で求めた補正量 ΔPW_p を加算することにより、最終パイロット噴射パルス幅 PW_{pf} を計算する (S127)。

$$PW_{pf} \leftarrow PW_p + \Delta PW_p$$

(8) インジェクタ 31 の電磁アクチュエータ 66 を駆動するための駆動パルスを出力するパイロット噴射用駆動パルス出力カウンタ（図示せず）に、S125 で計算された最終のパイロット噴射時期 T_p 及び S127 で求めた最終パイロット噴射パルス幅 PW_{pf} にそれぞれ対応したパルス開始時期及びパルス幅を有するパイロット噴射用の噴射パルスがセットされる (S128)。

(9) パイロット噴射パルス幅 PW_p は補正されるた

め、実際には、S120 で読み込んだパイロット噴射量 Q_p と異なる噴射量が噴射される。したがって、全燃料噴射量を変えないために、最終パイロット噴射量を差し引いたメイン噴射パルス幅 PW_m が計算される (S129)。

(10) インジェクタ 31 の電磁アクチュエータ 66 を駆動するパルスを出力するメイン噴射用駆動パルス出力カウンタ（図示せず）に、S120 で読み込んだメイン噴射時期 T_m 及び S129 で求めたメイン噴射パルス幅 PW_m にそれぞれ対応したパルス開始時期及びパルス幅を有するメイン噴射用の噴射パルスがセットされる (S130)。

【0057】 S123 におけるパイロット噴射時期 T_p の補正量 ΔT_p の計算の詳細について、図 18 を参照して説明する。図 18 は、パイロット噴射時期 T_p の補正量 ΔT_p の計算処理を示すフローチャートである。

(1) 燃料噴射量及びエンジン回転速度から目標パイロット着火時期 T_{bpz} を計算し、その結果を読み込む (S140)。

(2) デュアルポートメモリ 16 (図 4 参照) 上の噴射を行う気筒（図 17 との関係からして #1）の前のパイロット着火時期 T_{pz} と、目標パイロット着火時期 T_{bpz} との偏差 ΔT_e を求める (S141)。

$$\Delta T_e \leftarrow T_{bpz} - T_{pz}$$

(3) 偏差 ΔT_e にゲイン G_θ を乗じて積分、即ち、偏差 ΔT_e にゲイン G_θ を乗じたものを前回のパイロット噴射時期補正量 ΔT_p に加算して、各気筒の次のパイロット噴射時期補正量 ΔT_p を求める (S142)。

$$\Delta T_p \leftarrow \Delta T_p + \Delta T_e \times G_\theta$$

【0058】 S124 におけるパイロット噴射パルス幅 PW_p の補正量 ΔPW_p の計算の詳細について、図 19 を参照して説明する。図 19 は、パイロット噴射パルス幅 PW_p の補正量 ΔPW_p の計算処理を示すフローチャートである。

(1) S141 で求めた着火時期偏差 ΔT_e が予め決められた閾値 γ よりも大であるか否かが判断される (S150)。着火時期偏差 ΔT_e が閾値 γ よりも大であるときは、パイロット噴射パルス幅 PW_p の補正を行わない。

(2) 着火時期偏差 ΔT_e が閾値 γ よりも小であるときは、燃料噴射量及びエンジン回転速度から目標パイロット熱発生率ピーク値 q_{bmax} を計算する (S151)。

(3) S83 等で求め且つデュアルポートメモリ 16 (図 4 参照) に記憶されている噴射気筒（#1）のパイロット熱発生率値ピーク値 q_{max} と目標パイロット熱発生率ピーク値 q_{bmax} との偏差 Δq_{max} を計算する (S152)。

$$\Delta q_{max} \leftarrow q_{bmax} - q_{max}$$

(4) 偏差 Δq_{max} にゲイン G_p を乗じて積分、即

ち、偏差 Δq_{max} にゲイン G_p を乗じたものを前回のパイロット噴射パルス幅補正量 ΔPW_p に加算して、次のパイロット噴射パルス幅補正量 ΔPW_p を求める(S153)。

$$\Delta PW_p \leftarrow \Delta PW_p + \Delta q_{max} \times G_p$$

【0059】パイロット噴射パルス幅 PW_p の制御に関しては、パイロット熱発生率ピーク値 q_{max} による制御に代えて、パイロット熱発生率積分値 I_q による制御が可能である。即ち、図20は、図13に対応するフローチャートであり、図8に示すDSPのメイン処理における筒内圧処理を示すフローチャートである。図13に示すフローチャートと共通するステップについては重複する説明を省略する。S163及びS167においては、S162又はS166で計算された熱発生率 q の結果に基づいて、パイロット熱発生率 q の積分値 I_q の計算が行われる。この積分値 I_q は、パイロット噴射によって噴射された燃料が着火・燃焼することによって生じたパイロット熱発生量に相当する。

【0060】積分値 I_q の計算の詳細について、図21に示すフローチャートに基づいて説明する。図21は、図14に対応するフローチャートであり、図20に示す筒内圧処理におけるパイロット熱発生率積分値 I_q の計算処理を示すフローチャートである。図14に示すフローチャートと共通する計算期間等のステップについては重複する説明を省略する。パイロット熱発生率積分値 I_q の計算開始角度 θ_s と計算終了角度 θ_e との間の期間において、正の値を有するパイロット熱発生率 q が積分される(S175)。

【0061】S175で示した、パイロット熱発生率積分値 I_q の計算について図22を参照して説明する。図22は、図21に示したパイロット熱発生率積分値 I_q の計算におけるパイロット熱発生率積分値 I_q の計算を示すフローチャートである。

(1) 当初のパイロット熱発生率積分値 I_q をゼロと置く(S180)。

(2) パイロット熱発生率 q が正の値であるか否かを判定する(S181)。パイロット熱発生率 q が負の値又は0である場合には、S183に移行してクランク角度 θ_c (カウント値)を1だけ更新する。

(3) S181でパイロット熱発生率 q が正の値である場合には、パイロット熱発生率積分値 I_q に、 $q \times 1$ ($=q$)を加算する(S182)。

(4) クランク角度 θ_c に増分1を加えたものを新たなクランク角度 θ_c とする(S183)。

(5) クランク角度 θ_c が計算角度期間の終点 θ_e 以下であるかを判定する(S184)。クランク角度 θ_c がまだ計算角度期間の終点 θ_e に到達していないときには、S181に戻って、上記の処理を繰り返す。クランク角度 θ_c が計算角度期間の終点 θ_e に到達すると、図21に示すパイロット熱発生率積分値 I_q の計算のフロ

ーに戻る。

【0062】次に、図20～図22に示したフローチャートにおいて、S163又はS167等でパイロット熱発生率積分値 I_q が求めると、パイロット熱発生率積分値 I_q が予め決められた目標値と一致するように、各インジェクタ3の電磁アクチュエータ66に供給する駆動パルス幅が補正される。その修正処理は、図23に示すフローチャートにしたがって行われる。図23に示すフローチャートは、図19に示したフローチャートと同様ののものであり、パイロット熱発生率積分値 I_q に基づいて行われるパイロット噴射パルス幅 PW_p の補正量 ΔPW_p の計算処理を示すフローチャートである。図19と共通する各ステップについては、重複する説明を省略する。燃焼順序 i が1である気筒#1に設けられたインジェクタ31を例に採って、以下に説明する。なお、燃焼順序 i については、1に限るので、パイロット熱発生率ピーク値による場合と同様、簡素化のため省略する。

(1) S141で求めた着火時期偏差 ΔT_e が予め決められた閾値 γ よりも大であるか否かが判断される(S190)。

(2) 着火時期偏差 ΔT_e が閾値 γ よりも小である場合は、その時のパイロット噴射量 Q_p やパイロット噴射時期 T_p 等に応じた目標パイロット熱発生量に相当する目標パイロット熱発生率積分値 I_{qb} が計算される(S191)。

(3) S163等で求め且つデュアルポートメモリ16(図4参照)に記憶されている噴射気筒(#1)のパイロット熱発生率積分値 I_q と目標パイロット熱発生率積分値 I_{qb} との偏差 ΔI_q が計算される(S192)。

$$\Delta I_q \leftarrow I_{qb} - I_q$$

(4) 偏差 ΔI_q にゲイン G_r を乗じて積分、即ち、偏差 ΔI_q にゲイン G_r を乗じたものを前回のパイロット噴射パルス幅補正量 ΔPW_p に加算して、各気筒の次のパイロット噴射パルス幅補正量 ΔPW_p を求める(S193)。

$$\Delta PW_p \leftarrow \Delta PW_p + \Delta I_q \times G_r$$

このようにして求められた、パイロット噴射パルス幅補正量 ΔPW_p は、図17における最終パイロット噴射パルス幅 PW_{pf} の計算(S127)に用いられ、以下、図17に示す各インジェクタ3の処理が実行される。

【0063】以上のように、算出したパイロット着火時期 T_{pz} 及びパイロット熱発生率ピーク値 q_{max} 又はパイロット熱発生率積分値 I_q が、目標のパイロット着火時期 T_{bpz} 及びパイロット熱発生率ピーク q_{bmax} 又はパイロット熱発生率積分値 I_{qb} と一致するように、パイロット噴射時期とパイロット噴射用の駆動パルス幅を補正するので、パイロット噴射においては、そのときのエンジンの運転状態に応じた最適なパイロット噴射の着火時期 T_{pz} とパイロット熱発生率ピーク値 q_{max} 又はパイロット熱発生率積分値 I_q を得ることがで

きる。したがって、特にエンジンがアイドル運転状態のときのように、不安定なエンジンの運転、エンジン騒音及び排気ガス性能の悪化等の現象が生じるのを防止することができる。また、インジェクタ3の噴射特性にバラツキや経時変化があっても、最適なパイロット噴射とその燃焼を行わせることができる。

【0064】以上のフローチャートの内容を図3を参照してまとめると、図3の上段の4つのグラフは、それぞれ気筒#1～#4のクランク角度 θ の経過に伴う筒内圧力 P_c の変化を表している。#1気筒、#3気筒、#4気筒、#2気筒の順で、次々と圧縮爆発行程を迎える。ある気筒が爆発行程を経過するときに、次の気筒は圧縮行程に入っている。また、各気筒の圧縮上死点前 60° でBTD C信号が出力される。クランク角度のカウント値 θ は、#1気筒の圧縮上死点で0であり、4サイクルエンジンであるので、クランク軸2回転、即ち、カウント値719で一巡する。#1気筒については、圧縮上死点前 180° 、即ち、カウント値にして540以上で、圧縮上死点後 180° 、即ち、カウント値にして180未満であるときに、#1気筒の筒内圧力データを格納する。格納されたデータに基づいてメン処理を圧縮上死点後 180° からの所定の時間内に演算し、次のBTD C割込み信号に基づいてインジェクタ31の噴射弁駆動処理を行う。また、図24又は図27に示すような計算区間でパイロット噴射によって噴射された燃料の着火・燃焼によって発生するパイロット熱発生量の大きさの指標としての熱発生率のピーク値 q_{max} 又は熱発生率の積分値 I_p が求められ、図24に点線で示した熱発生率に対応する最適なパイロット熱発生量（ハッチングで示した面積に相当）を維持するように、インジェクタの電磁アクチュエータのパイロット噴射時期及び駆動パルス幅が制御される。

【0065】

【発明の効果】この発明によるエンジンのパイロット燃料噴射制御方法及びその装置は、上記のように構成されているので、次のような効果を奏する。即ち、エンジンの運転状態に基づいて予め決められている目標パイロット噴射時期及び目標パイロット噴射量から現在のエンジンの運転状態に応じた目標パイロット噴射時期及び目標パイロット噴射量が求められ、パイロット噴射によって噴射された燃料が燃焼し、燃焼室内の圧力に基づいて逐次求められる熱発生率が負から正に変化する時期として決定される着火時期とパイロット噴射に対応して予め決められた期間内における熱発生率ピーク値又は熱発生率積分値とが、それぞれ目標パイロット噴射時期及び目標パイロット噴射量に応じて定められる目標着火時期と目標熱発生率ピーク値又は目標熱発生率積分値とに一致するように、次のパイロット噴射におけるパイロット噴射時期及びパイロット噴射量が補正される。制御対象として、インジェクタを作動させる電磁アクチュエータの

駆動パルスの出力時期及びそのパルス幅が選ばれる。

【0066】個々のインジェクタに個体差があったり、或いは同じインジェクタであっても経時変化によってパイロット噴射特性が変動するような場合であっても、パイロット噴射による噴射時期及び噴射量がそれぞれ目標値と一致するように制御される。パイロット噴射において必要な噴射時期に必要なパイロット噴射量が常に確保される最適な制御が行われるので、パイロット噴射のバラツキが抑制され、エンジンの作動安定性や排気ガス性能等を良好に維持することが可能となる。特に、エンジンのアイドル運転状態ではエンジン回転数が低いために元来エンジンの運転状態が不安定となり易い状況であるが、パイロット着火時期と熱発生量の強さのバラツキが軽減されるので、パイロット噴射による燃焼が安定し、更にその後のメイン燃料噴射による燃焼も安定し、エンジンの良好な運転状態が確保される結果、排気ガス性能が良好に維持される。その結果、エンジンの運転が不安定になることがなく、エンジン騒音が抑制されると共に、また NO_x 又はスモークの発生等の排気ガス性能の悪化を防止することができる。

【0067】また、パイロット噴射によって噴射された燃料の着火時期について、目標値との偏差が予め決められた閾値より小さくなるまで、即ち、パイロット噴射時期の補正が安定するまでは、パイロット噴射量のフィードバック制御が禁止される。パイロット噴射時期が安定した後にパイロット噴射量の制御が行われるので、パイロット噴射量が過大又は過少になることがなく、パイロット噴射を安定する。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明によるパイロット燃料噴射制御方法及びその装置が適用される多気筒エンジンを含むコモンレール式燃料噴射システムの一例を示す模式図である。

【図2】図1に示すエンジンのクランク角度の経過に応じた筒内圧力、燃料噴射率、及び熱発生率の変化の様子を示したグラフである。

【図3】図1に示す多気筒エンジンのクランク角度の経過に伴う各インジェクタでの筒内圧力及びデータ処理等の概要を示すグラフである。

【図4】この発明によるエンジンのパイロット燃料噴射制御を行うコントローラの概要を示すブロック図である。

【図5】図4に示したコントローラにおけるCPUメイン処理を示すフローチャートである。

【図6】図5に示したCPUメイン処理においてREF信号が入力されたときの割込み処理を示すフローチャートである。

【図7】図5に示したCPUメイン処理においてBTD C信号が入力されたときの割込み処理を示すフローチャートである。

【図8】図4に示したコントローラにおけるDSPメイ

ン処理を示すフローチャートである。

【図9】図8に示したDSPメイン処理におけるAD変換終了時の割込み処理を示すフローチャートである。

【図10】図9に示したAD変換終了時の割込み処理におけるクランク角度初期化の処理を示すフローチャートである。

【図11】図9に示したAD変換終了時の割込み処理における筒内圧データのメモリへの格納処理を示すフローチャートである。

【図12】図9に示したAD変換終了時の割込み処理におけるクランク角度の更新処理を示すフローチャートである。

【図13】図4に示したコントローラにおけるDSPによる筒内圧処理を示すフローチャートである。

【図14】図13に示した筒内圧処理におけるパイロット着火時期及び熱発生率ピーク値の計算処理を示すフローチャートである。

【図15】図14に示したパイロット着火時期及び熱発生率ピーク値の計算処理におけるパイロット着火時期の計算処理を示すフローチャートである。

【図16】図14に示したパイロット着火時期及び熱発生率ピーク値の計算処理におけるパイロット熱発生率ピーク値の計算処理を示すフローチャートである。

【図17】図7に示したBTDC信号割込み処理におけるインジェクタ処理を示すフローチャートである。

【図18】図17に示したインジェクタ処理におけるパイロット噴射時期補正量の計算処理を示すフローチャートである。

【図19】図17に示したインジェクタ処理におけるパイロット噴射パルス幅補正量の計算処理を示すフローチャートである。

【図20】図4に示したコントローラにおけるDSPによる別の筒内圧処理を示すフローチャートである。

【図21】図20に示した筒内圧処理におけるパイロット熱発生率積分値の計算処理を示すフローチャートである。

【図22】図21に示したパイロット熱発生率積分値の計算処理の詳細を示すフローチャートである。

【図23】図17に示したインジェクタ処理においてパイロット熱発生率積分値に基づくパイロット噴射パルス幅補正量の計算処理を示すフローチャートである。

【図24】クランク角度の経過に伴う熱発生率の変化を示すグラフである。

【図25】パイロット噴射時期とパイロット着火時期、パイロット熱発生率ピーク値及びパイロット熱発生率積分値との関係を示すグラフである。

【図26】パイロット噴射量とパイロット着火時期、パ

イロット熱発生率ピーク値及びパイロット熱発生率積分値との関係を示すグラフである。

【図27】パイロット噴射とメイン噴射とにおけるインジェクタ駆動パルス、インジェクタの針弁リフト量及び熱発生率の変化を示すグラフである。

【図28】エンジン回転速度と計算期間開始遅れ θa と計算期間終了遅れ θb との関係を示すグラフである。

【図29】図15に示したフローチャートに基づく実燃料着火時期の検出を説明するグラフである。

【図30】従来のインジェクタを示す縦断面図である。

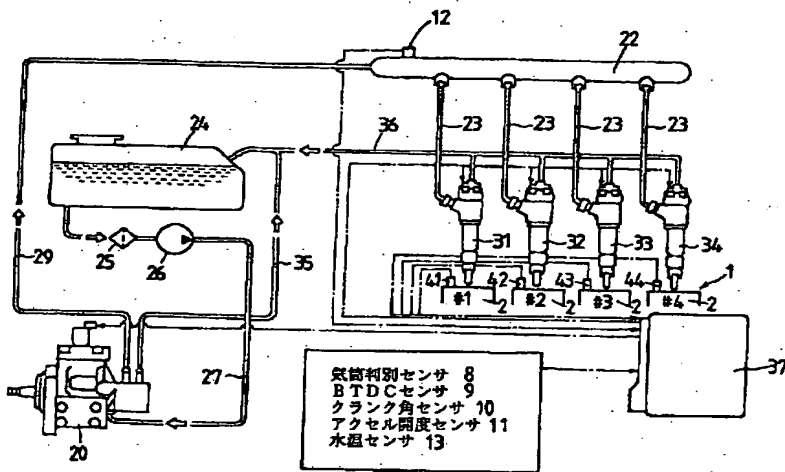
【図31】図30に示すインジェクタにおいて、燃料圧力をパラメータとした噴射パルス幅と燃料噴射量との関係を示すグラフである。

【図32】パイロット噴射用駆動パルス幅と、パイロット噴射量のバラツキとの関係を示す説明図である。

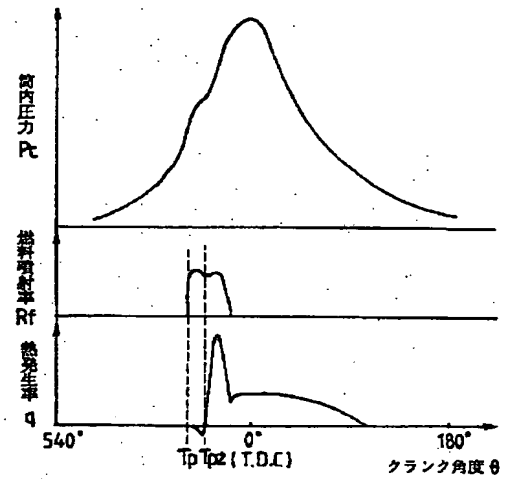
【符号の説明】

- 1 多気筒エンジン
- 2 シリンダ
- 3, 31～34 インジェクタ
- 4, 41～44 筒内圧力センサ
- 8 気筒判別センサ
- 9 BTDCセンサ
- 10 クランク角度センサ
- 11 アクセル開度センサ
- 12 コモンレール圧力センサ
- 22 コモンレール
- 23 分岐管
- 37 コントローラ
- 61, 62 燃料通路
- 64 針弁
- 65 噴孔
- Pc 筒内圧力
- θ クランク角度 (カウント値)
- θc 気筒別クランク角度 (カウント値)
- q 熱発生率
- Iq パイロット熱発生量
- Iqb 目標パイロット熱発生量
- i 燃料順序
- Qb 目標燃料噴射量
- Qp パイロット噴射量
- Qm メイン噴射量
- Tp パイロット噴射時期
- Tm メイン噴射時期
- Td 実燃料着火時期
- PWp パイロット噴射用駆動パルス幅
- ΔPWp PWpの補正量
- PWpf 最終パイロット噴射用駆動パルス幅

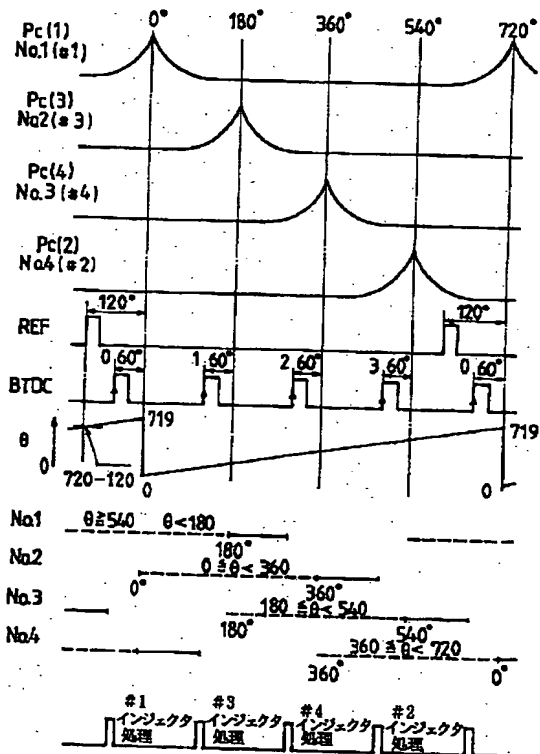
【図1】



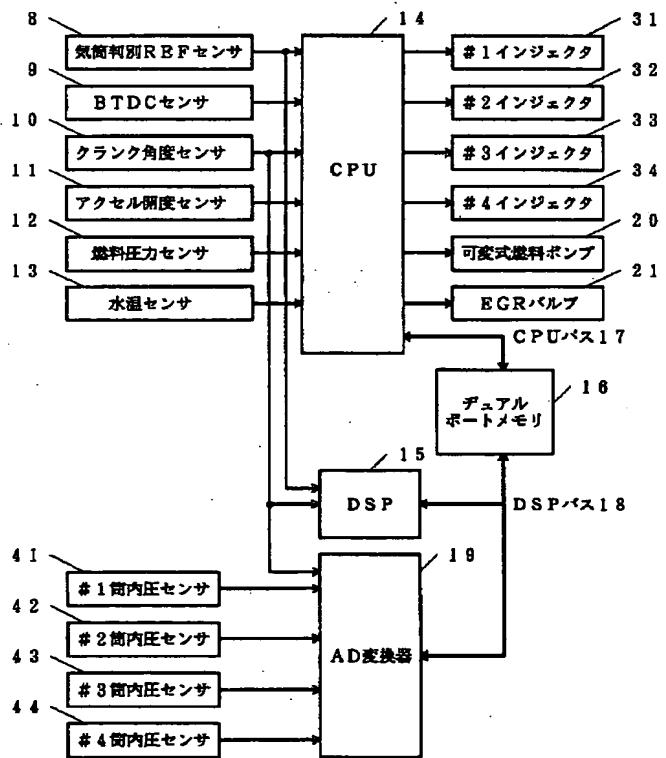
【図2】



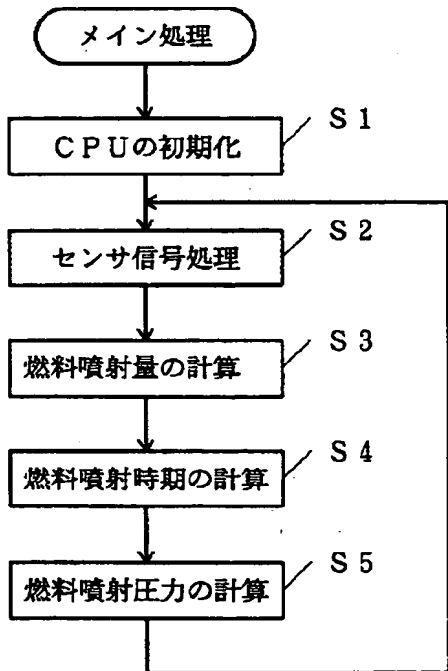
【図3】



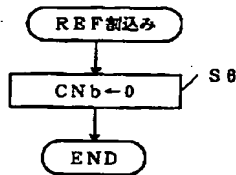
【図4】



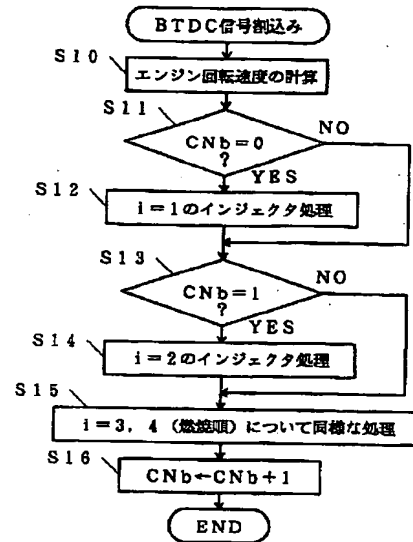
【図5】



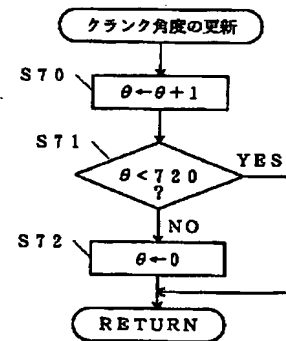
【図6】



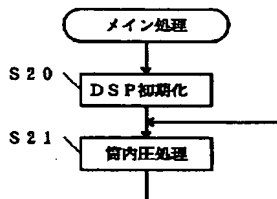
【図7】



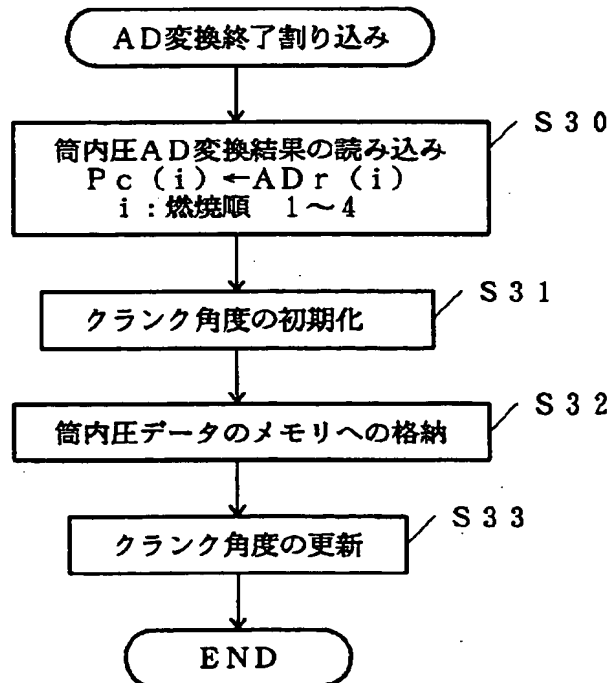
【図12】



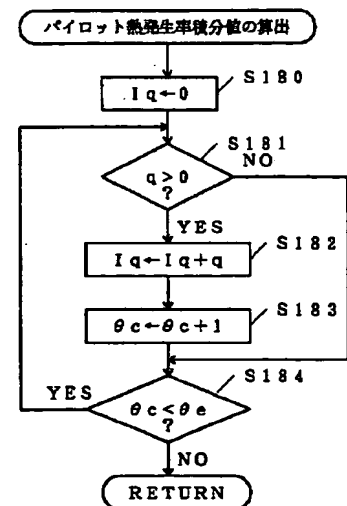
【図8】



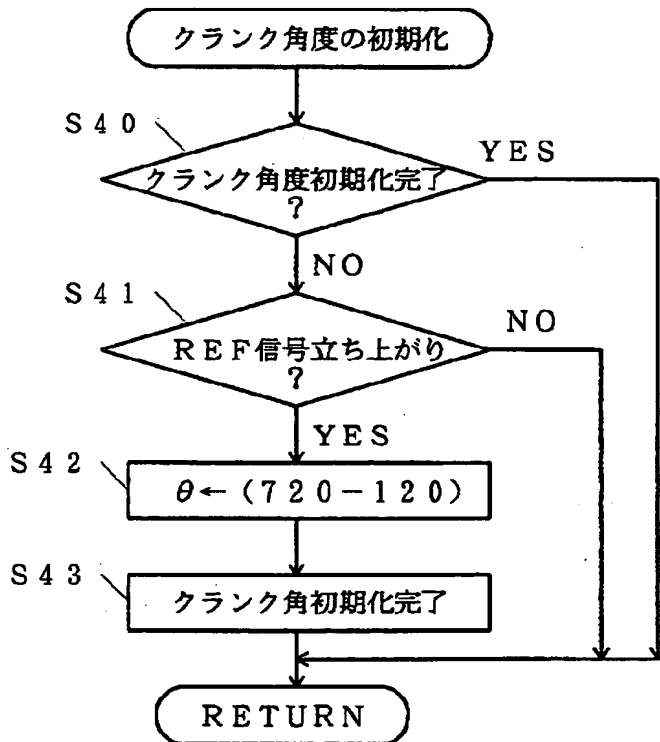
【図9】



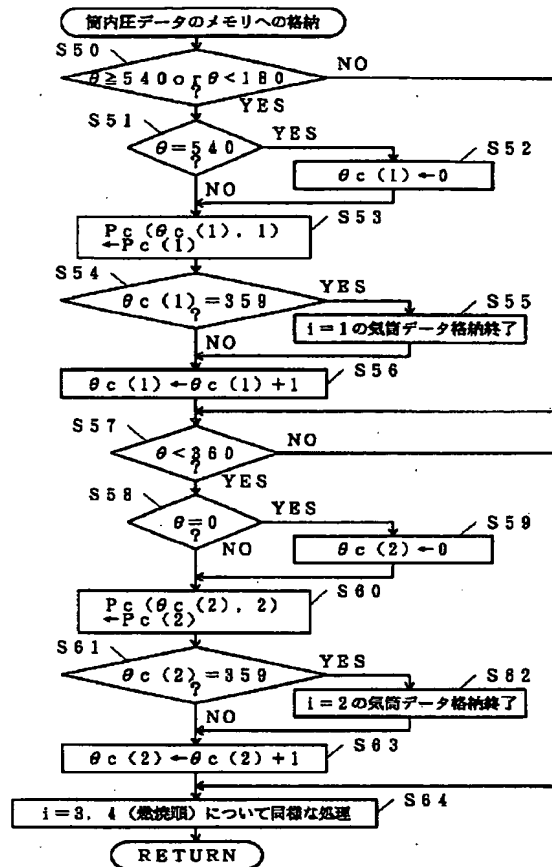
【図22】



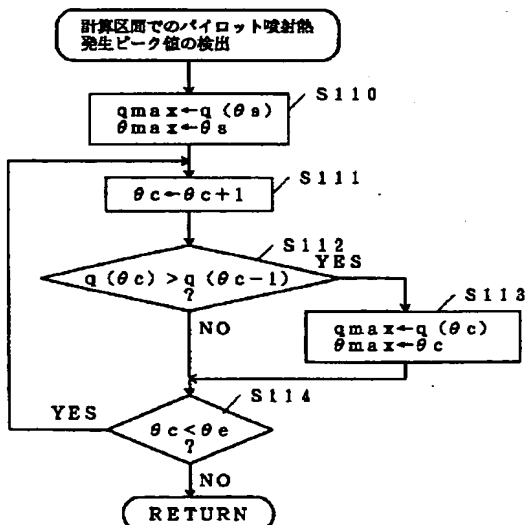
【図10】



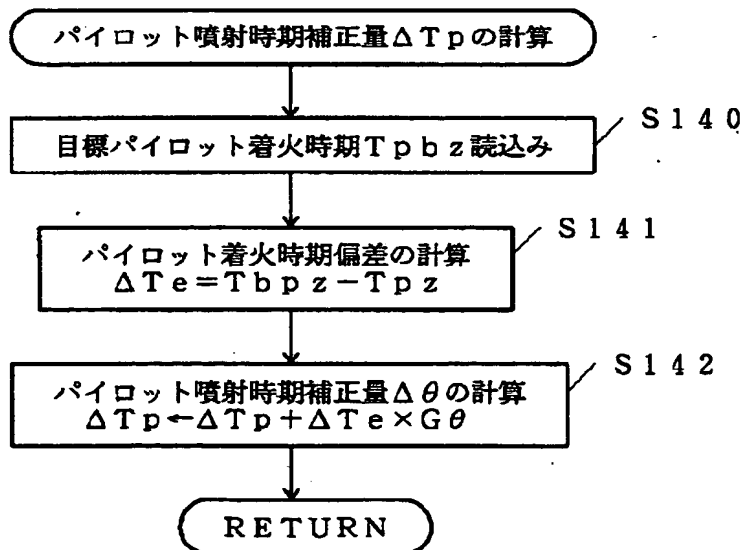
【図11】



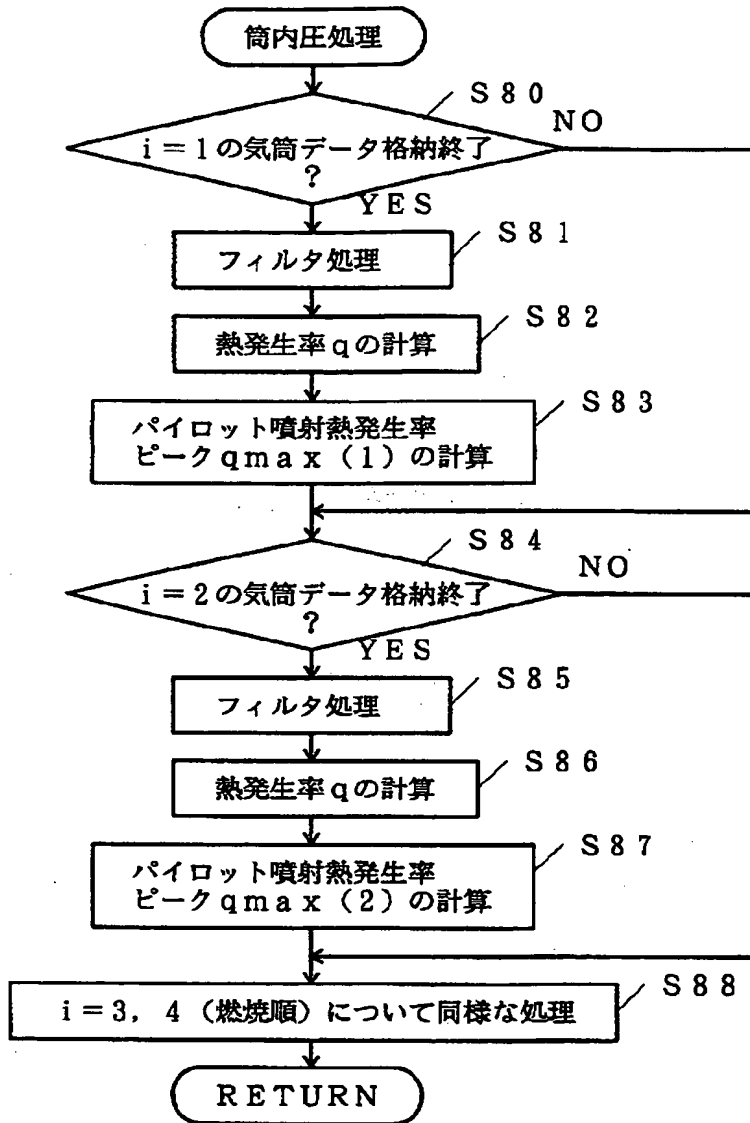
【図16】



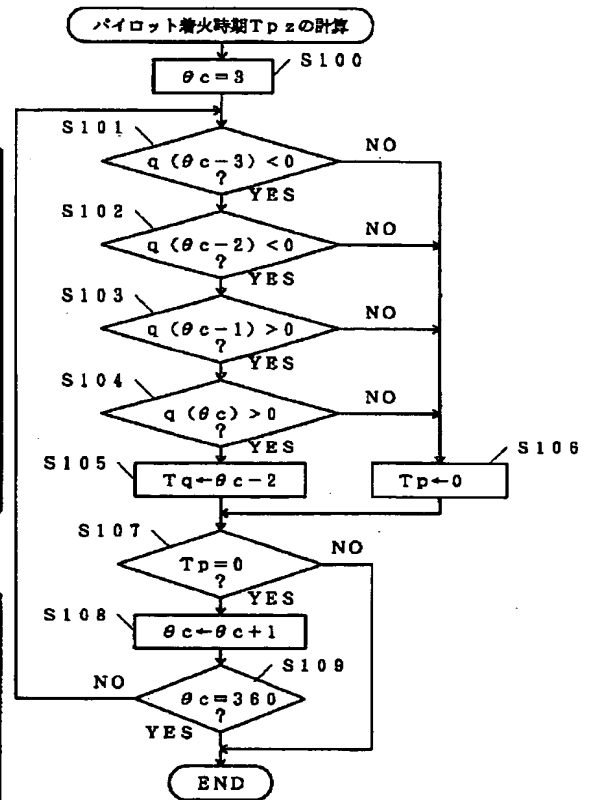
【図18】



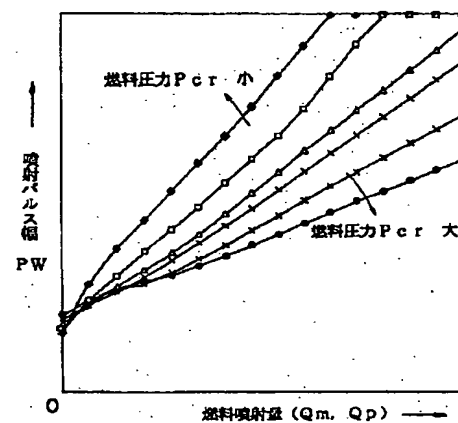
【図13】



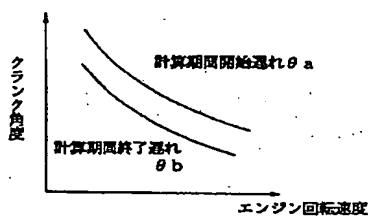
【図15】



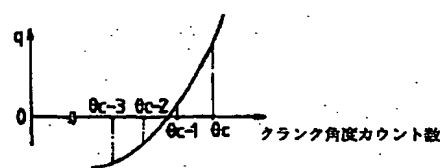
【図31】



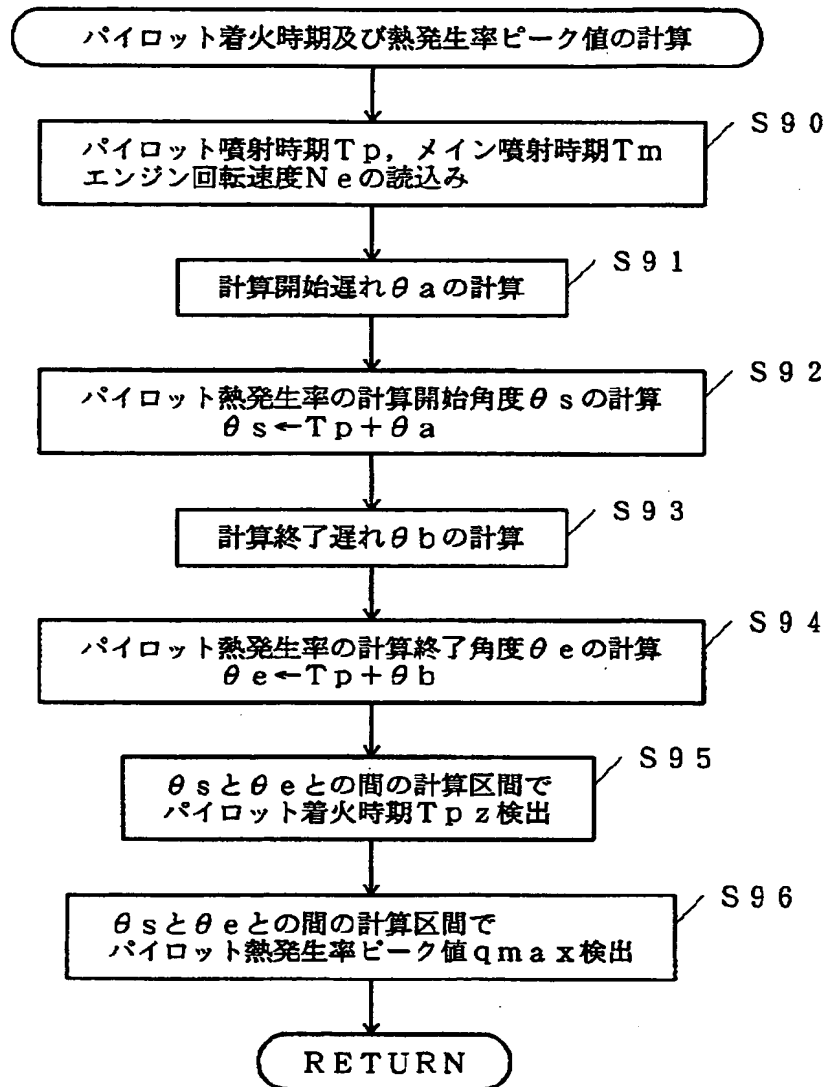
【図28】



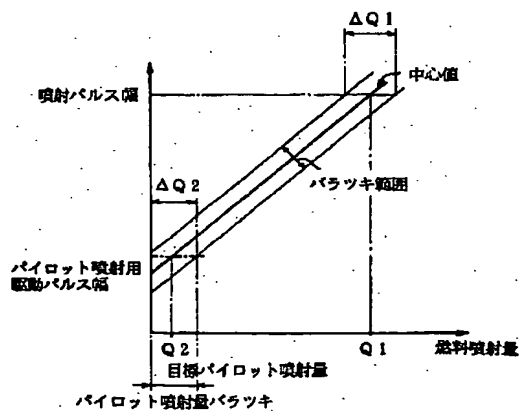
【図29】



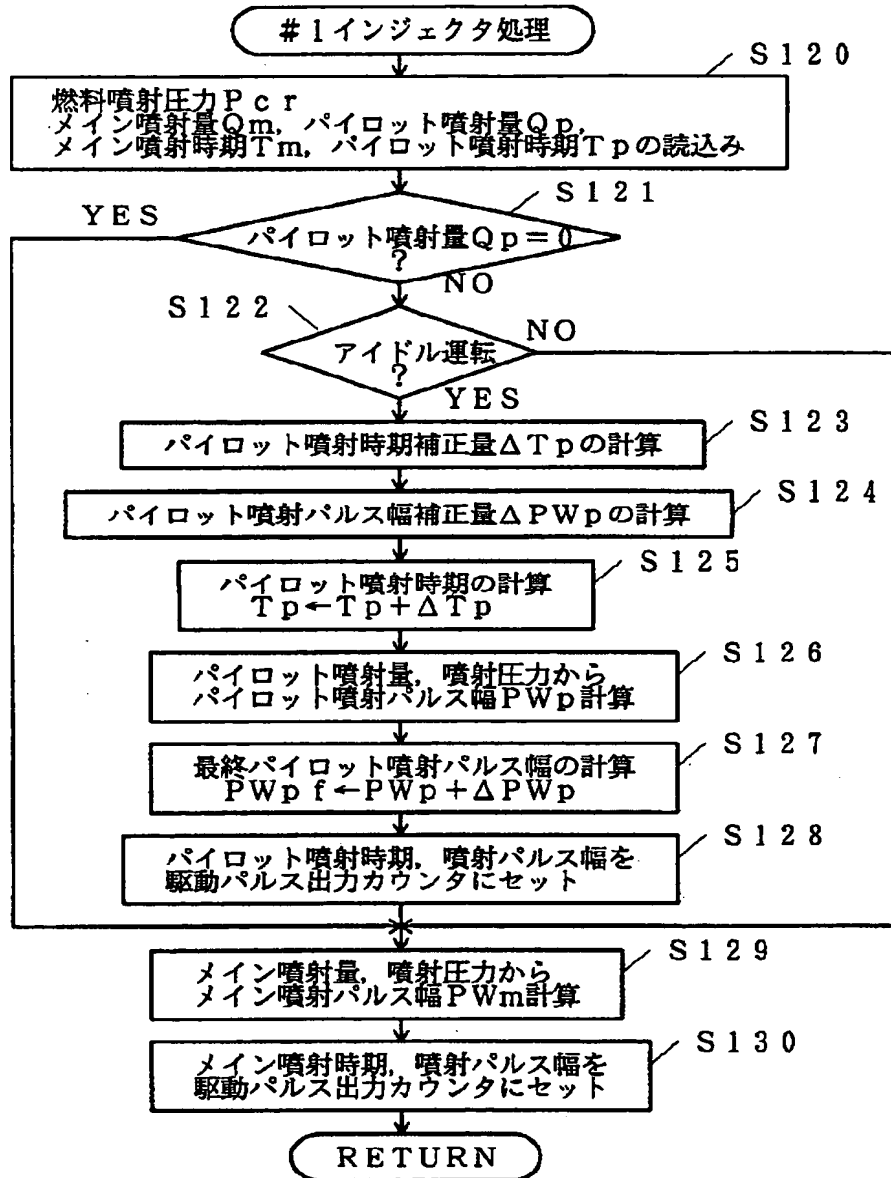
【図14】



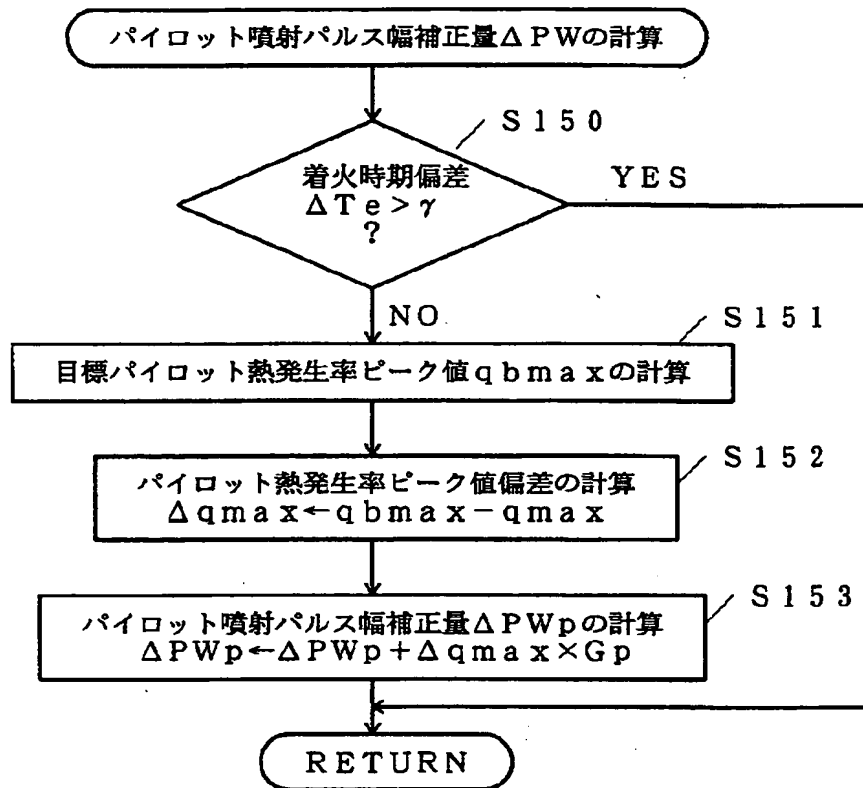
【図32】



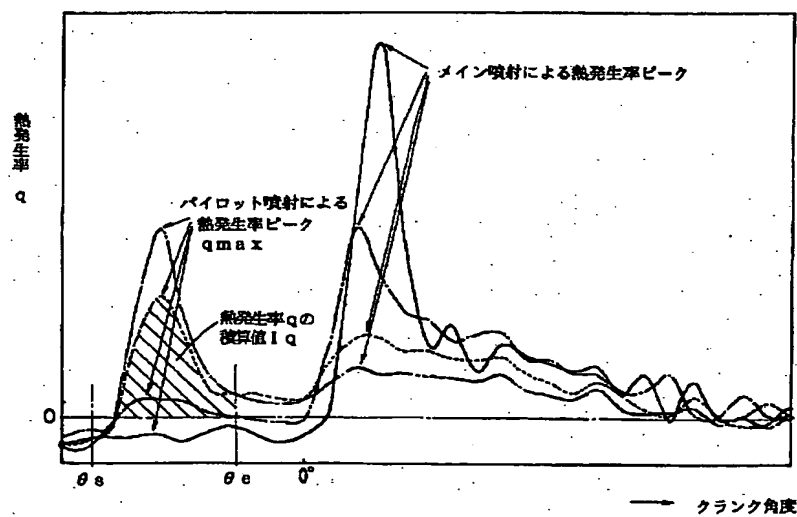
【図 17】



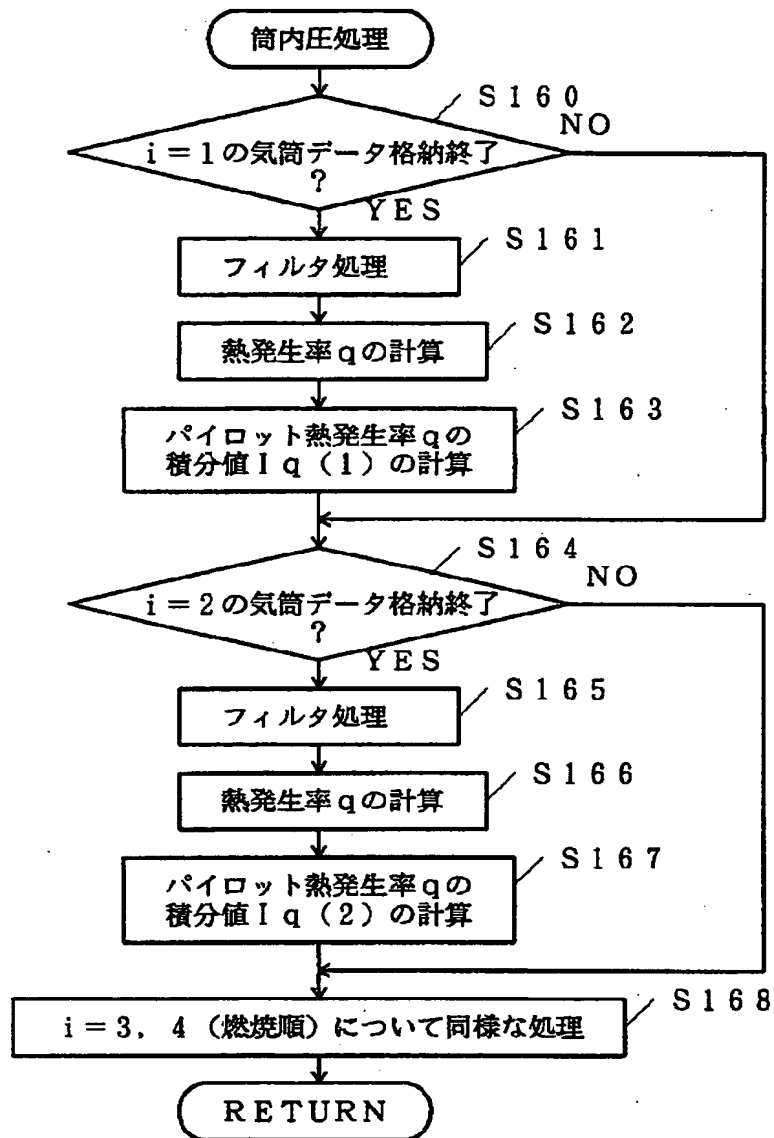
【図19】



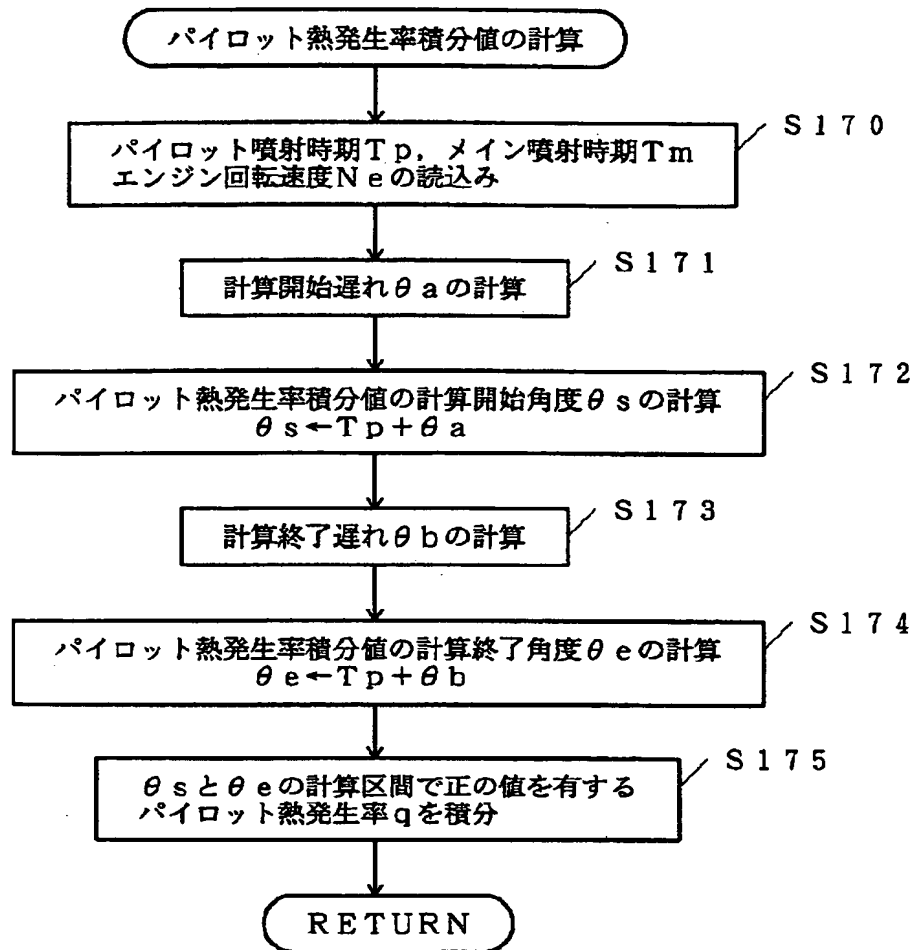
【図24】



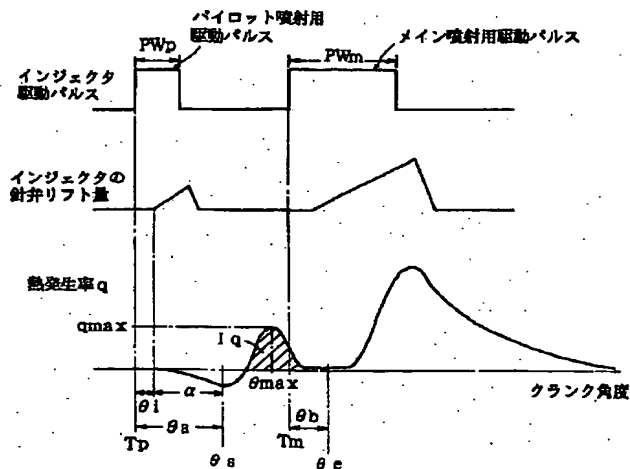
【図20】



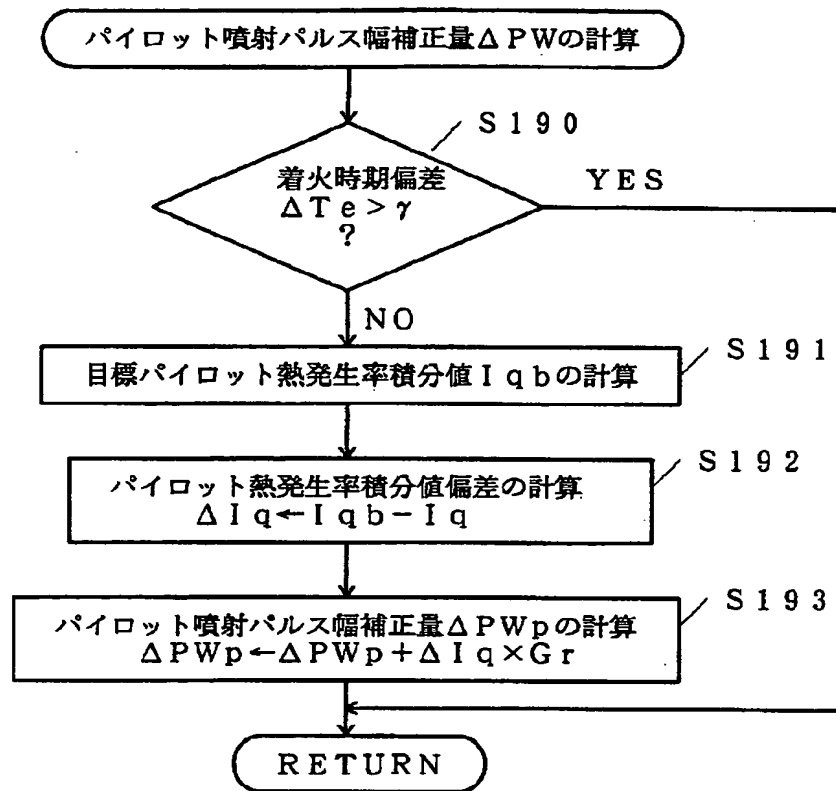
【図21】



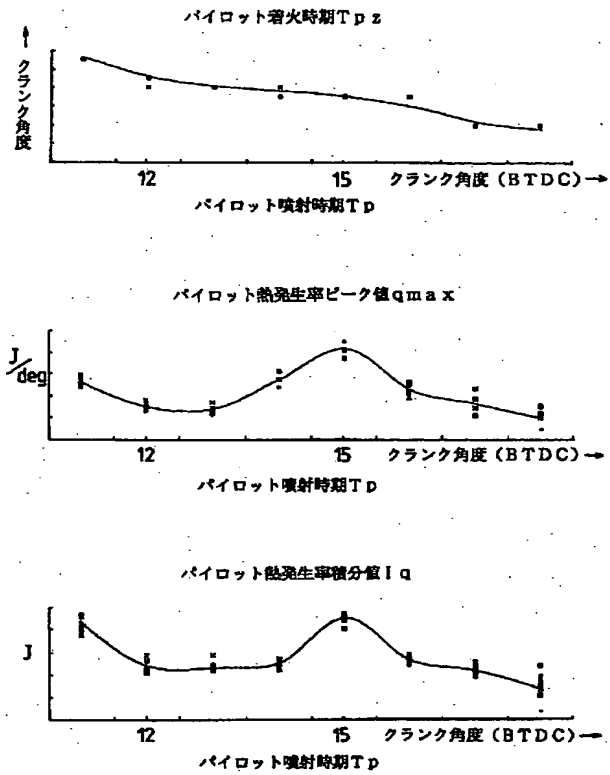
【図27】



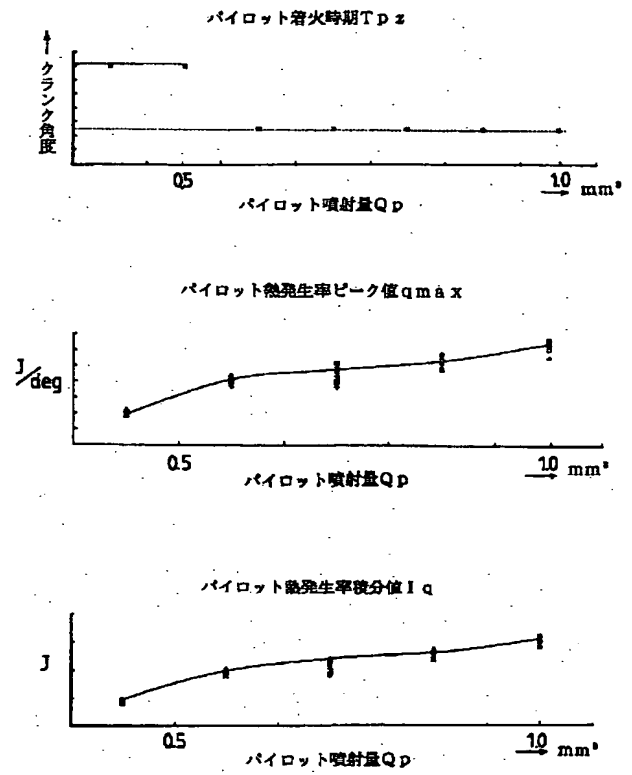
【図23】



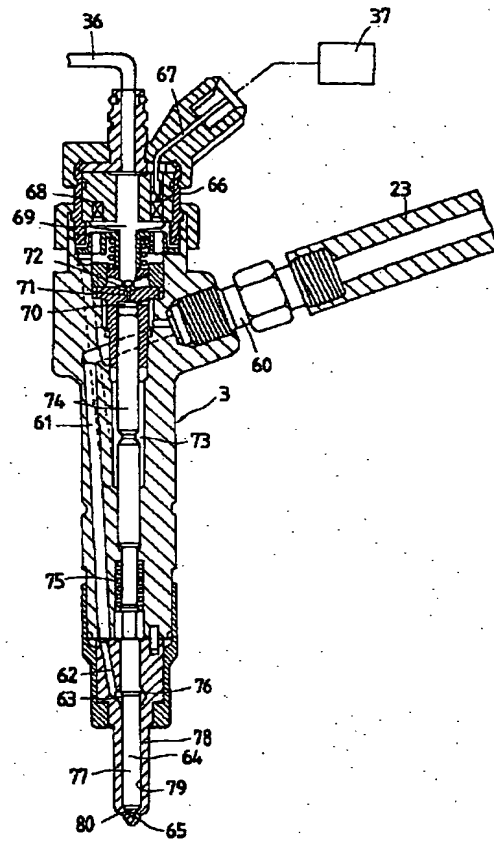
【図25】



【図26】



【図30】



* NOTICE *

JPO and PI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The fuel injected from an injector to a combustion chamber is divided into the Maine injection and the pilot injection preceded with said Maine injection. It injects. Said current target pilot fuel injection timing and the current target pilot injection quantity according to said operational status of said engine are calculated from target pilot fuel injection timing and the target pilot injection quantity which are beforehand decided based on engine operational status. The heat rate serially searched for based on the pressure of said combustion chamber as a stage to just change from negative It corresponds to the ignition stage determined and said pilot injection. The heat rate peak value within the period decided beforehand Or a heat rate integral value so that it may be in agreement with the target ignition stage, the target heat rate peak value, or the target heat rate integral value defined according to said target pilot fuel injection timing and said target pilot injection quantity, respectively Pilot fuel injection timing in said next pilot injection And the pilot fuel-injection control approach in the engine which consists of not amending said pilot injection quantity with the amount of amendments which amends the pilot injection quantity and amends said pilot fuel injection timing exceeds the specified quantity decided beforehand.

[Claim 2] Amendment of said pilot fuel injection timing and said pilot injection quantity is the pilot fuel-injection control approach in the engine according to claim 1 which consists of being carried out by amending the actuation stage and actuation period of said injector.

[Claim 3] Actuation stage of said injector and the amount of amendments of said actuation period are the pilot fuel-injection control approach in the engine according to claim 2 which consists of amending said first actuation stage and said amount of amendments of said actuation period based on deflection with said ignition stage, said heat rate peak value or said heat rate integral value, said target ignition stage and target heat rate peak value, or a target heat rate integral value, respectively.

[Claim 4] Since the injector which injects the fuel supplied through fuel passage to an engine combustion chamber, and the fuel may be divided and injected to the Maine injection and the pilot injection preceded with said Maine injection The controller which controls the drive of said injector is provided with a control unit which calculates the current target pilot fuel injection timing according to said operational status and said current target pilot injection quantity of said engine are calculated from target pilot fuel injection timing and the target pilot injection quantity which are beforehand decided based on engine operational status. The heat rate serially searched for based on the pressure of said combustion chamber as a stage to just change from negative It corresponds to the ignition stage determined and said pilot injection. The heat rate peak value within the period decided beforehand Or a heat rate integral value so that it may be in agreement with the target ignition stage, the target heat rate peak value, or the target heat rate integral value defined according to said target pilot fuel injection timing and said target pilot injection quantity, respectively Pilot fuel injection timing in said next pilot injection And the pilot fuel-injection control unit in the engine which consists of amending said pilot injection quantity when the amount of amendments which amends the pilot injection quantity exceeds the specified quantity decided beforehand.

[Claim 5] Amendment of said pilot fuel injection timing and said pilot injection quantity is a pilot fuel-injection control approach in the engine according to claim 4 which consists of being carried out by

amplifying the amount of said heat rate peak value or said heat rate integral value, said target heat rate peak value, or a target heat rate integral value, and controlling the amount of amendments of said actuation according to claim 5 which consists of controlling the amount of amendments of said actuation according to said target heat rate peak value or said heat rate integral value, said target heat rate peak value, or a target heat rate integral value, respectively.

[Tear 1 re.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention is preceded with the Main injection and relates to the pilot combustion injection-quantity control approach of the engine with which pilot injection is injected by the combustion chamber, and its equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art] In engines, such as a diesel power plant, the common rail type fuel-injection system is known about fuel-injection control as an approach of attaining high-pressure-ization of fuel injection pressure and controlling injection properties, such as injection timing of a fuel, and injection quantity, the optimal according to engine operational status. A common rail type fuel-injection system is a fuel-injection system injected to the combustion chamber which corresponds from each injector under control of the fuel which supplied the fuel pressurized by the predetermined pressure to the common rail which is common to two or more injectors, and was supplied to the common rail by the fuel pump of a controller. The controller is controlling the fuel pressure of a common rail, and the actuation of a control valve prepared in each injector so that a fuel is injected on the optimal injection conditions to engine operational status in each injector. In order to control operation of an engine the optimal, in a common rail fuel-injection system The fuel oil consumption and fuel injection timing which were beforehand decided according to engine operational status are map-ized. It map-izes. It memorizes for a controller -- making -- this -- The memorized fuel oil consumption And it asks for the current engine target fuel oil consumption and the target fuel injection timing corresponding to operational status from fuel injection timing. Based on the calculated target fuel oil consumption, target fuel injection timing and current fuel oil consumption, and deflection with fuel injection timing, so that actual fuel injection timing may turn into the target fuel injection timing A drive stage, a drive period, etc. of a fuel injection valve of an injector were controlled electronically, and the fuel is injected from the nozzle hole formed in the injector.

[0003] The structure of an injector is briefly explained with reference to drawing 30. Drawing 30 is drawing of longitudinal section of an injector. Although an injector 3 is attached in the hole prepared in the bases, such as the cylinder head, by the seal member at a seal condition, it is omitting illustration about structures, such as the cylinder head. The branch pipe 23 which branched from the common rail is connected to the top flank of an injector 3 through the fuel inlet-port joint 60. The fuel paths 61 and 62 are formed in the interior of the body of an injector 3, and fuel passage is constituted by a branch pipe 23 and the fuel paths 61 and 62. The fuel supplied through fuel passage is injected by the combustion chamber through the path around the reserve-well ball 63 and a needle valve 64 from the nozzle hole 65 opened at the time of the lift of a needle valve 64.

[0004] In order to control the lift of a needle valve 64, the needle-valve lift device of a balance chamber type is prepared in the injector 3: namely, -- the topmost part of an injector 3 -- electromagnetism -- an actuator 66 prepares -- having -- **** -- the control current as a control signal from a controller 37 -- a signal line 67 -- leading -- electromagnetism -- the electromagnetism of an actuator 66 -- it is sent to a solenoid 68. electromagnetism -- if a solenoid 68 is excited, since the closing motion valve 72 which the armature 69 went up and was prepared in the edge of the fuel way 71 will be opened, the fuel pressure of the fuel supplied to the balance chamber 70 is released

from fuel passage through the fuel way 71. In the hollow hole 73 formed in the interior of the body of an injector 3, the control piston 74 is formed possible [rise and fall]. Since the force which pushes up a control piston 74 rather than the push-down force committed to a control piston 74 based on the fuel pressure which acts on the taper side 76 which attends the reserve-well ball 63 according to the force and the spring force of a return spring 75 based on the pressure in the lowered balance chamber 70 excels, a control piston 74 goes up. Consequently, the lift of a needle valve 64 is permitted and a fuel is injected from a nozzle hole 65. Fuel oil consumption is defined by the fuel pressure in fuel passage, and the lift (the amount of lifts, lift period) of a needle valve. in order that the lift of a needle valve 64 may carry out closing motion control of the closing motion valve 72 -- electromagnetism -- the driving pulse as the control current sent to a solenoid 68 is determined. In addition, it can slide on the inside of the hollow hole 79 of a nozzle 78 through few clearances, and, as for the valve stem 77 of a needle valve 64, the taper section 80 currently formed at the tip of a valve stem 77 is enabling closing motion of a nozzle hole 65 in contact with the taper section to which the nozzle 78 corresponded.

[0005] the electromagnetism from the fuel oil consumption Q and the controller 37 of an injector 3 -- relation with the injection pulse width PW supplied to a solenoid 68 is shown in drawing 31 considering fuel pressure P_{cr} (fuel pressure in a common rail 2) as a parameter. If fuel pressure P_{cr} is set constant, fuel oil consumption Q increases, so that the injection pulse width PW is large, and even if it is the same injection pulse width PW , fuel oil consumption Q will become large, so that fuel pressure P_{cr} is size. On the other hand, since fuel injection falls with the standup time of day of an injection pulse, and it is fixed-time-behind to time of day and it starts or stops, injection timing is controllable when an injection pulse controls ON or the stage to become off.

[0006] By the way, a diesel power plant tends to make a combustion noise, when it is in a low speed like idling operation, and the operational status of a low load. This combustion noise originates in the ignition delay of a fuel, and is generated. Therefore, it is known that it is effective to inject by the pilot injection (preliminary injection) which precedes the fuel of some amounts with the Maine injection, and performs it among the total fuel oil consumption in a combustion cycle as a means to cope with a combustion noise. Since the temperature of the wall surface of a combustion chamber is fully raised and the main remaining fuel quantity is injected after that by burning the fuel injected by pilot injection (Maine injection), combustion of the rapid fuel produced to the overdue timing, i.e., the ignition delay of the Maine injection, is avoidable. Moreover, since injection of a fuel is divided into pilot injection and the Maine injection, initial combustion is controlled and reduction of NOx can also be aimed at. That is, since the amount of the gaseous mixture which a certain amount of gaseous mixture burns in early stages of combustion, and burns by the Maine injection decreases, the temperature of combustion can be stopped and the yield of NOx decreases.

[0007] As the fuel-injection-timing control approach of a diesel power plant, or its equipment, the rate of change of cylinder internal pressure is computed or detected, and there is a thing indicated by JP,59-37235,A or JP,59-145334,A to control engine combustion fuel injection timing. The fuel-injection-timing control approach of the diesel power plant indicated by JP,59-37235,A detects combustion pressure by the combustion pressure sensor attached for every gas column of a diesel power plant, calculates the variation of the combustion pressure per unit time amount for every gas column, and when the value as which the variation of the combustion pressure of one of gas columns was beforehand determined according to the operational status of a diesel power plant is exceeded, it carries out lag amendment of the fuel injection timing of the gas column concerned. By carrying out lag amendment of such fuel injection timing, while the change curve of the combustion pressure accompanying progress of whenever [crank angle] lowers the peak value for every gas column, it becomes what changes gently, and it becomes possible to reduce engine noise level.

[0008] The fuel-injection-timing control unit of the diesel power plant indicated by JP,59-145334,A shown above When a piston only goes without accompanying the generating stage of the pressure peak at the time of combustion, and its peak value by combustion It responds to a pressure declining after that, if change per time amount of the pressure at the time of combustion is detected by the piezoelectric device and the pressure peak at the time of combustion occurs paying attention to changing according to an ignition stage as compared with a ***** peak. or [advancing fuel injection timing so that it may be settled within a predetermined stage if pressure variation detects

the stage of the zero cross which changes from forward to negative, compares the stage of a zero cross with the stage of a compression-pressure peak and spacing of both stages separates from the inside of predetermined time amount] -- or control to delay is performed.

[0009] By the way, what controls either or the both sides of Maine fuel injection timing and pilot fuel injection timing is proposed so that the peak of the combustion of a fuel by which pilot injection was carried out, and its near may be detected as a combustion injection control unit of a diesel power plant and the initiation stage of the Maine injection may serve as a flammability peak of the fuel by pilot injection, or its near (JP,2-95751,A). Detection of the peak of the combustion of a fuel by which pilot wave injection or Maine injection was carried out detects the pressure wave form of a combustion chamber, transposes a pressure wave form to a heat rate, and is performed by detecting the heat release peak corresponding to pilot injection or the Maine injection from a heat release pattern.

[0010] Moreover, there are some which were indicated by JP,62-17343,A as what controls pilot fuel injection timing in order to decrease an engine combustion noise. The sensor which detects noise level near the engine is attached, the change in noise level is detected [which advances pilot fuel injection timing slightly / or or] by whether retreat is carried out, and feedback control of the pilot fuel injection timing is carried out in the direction in which the engine noise serves as min.

[0011] However, since there is individual difference by many factors, such as the die length of the branch pipe 23 which connects the processing error and assembly error of an injector 3, a common rail, and an injector 3, in the fuel-injection property of an injector 3 prepared in each gas column, it is difficult to inject a fuel from each injector as target fuel injection timing and target fuel oil consumption. If it sees about an ignition stage, the real fuel ignition stage when a fuel is actually lit after an ignition delay has produced variation to the target ignition stage. Even if it sees about pilot injection, the injector response time until pilot injection is actually performed from the initiation stage (henceforth pilot fuel injection timing) of the driving pulse of pilot injection has variation for every injector, and the combustion condition has not become homogeneity in two or more gas columns. Moreover, even if it sees about fuel oil consumption, variation has produced the fuel oil consumption actually injected from each injector 3 to target fuel oil consumption.

[0012] As described above, although pilot injection is an effective means at the point of preventing a combustion noise and generating of NOx, as shown in drawing 31 , it becomes difficult [it / to control fuel oil consumption by the magnitude and the injection pulse width PW of the common-rail-pressure force Pcr] by the idle operational status whose fuel oil consumption Q decreases extremely. namely, the thing for which fuel oil consumption Q changes the common-rail-pressure force Pcr as a parameter in a large field -- moreover, the electromagnetism of an injector 3 -- although fuel oil consumption Q is effectively controllable by changing the injection pulse width PW supplied to an actuator 66, it is difficult for fuel oil consumption Q to control fuel oil consumption Q also for the common-rail-pressure force Pcr by the small field finely depending on the injection pulse width PW.

[0013] Although the rate ($\Delta Q1/Q1$) to the target fuel oil consumption Q1 of the variation range $\Delta Q1$ of fuel oil consumption is a comparatively small value even if it is the same injection pulse width when target fuel oil consumption is a big value (Q1) as this situation is shown in drawing 32 Since it is a value with the target pilot injection quantity Q2 small in pilot injection, the rate to the target pilot injection quantity Q2 of the variation range $\Delta Q2$ of the fuel oil consumption at the time of being the same pilot injection pulse width may be understood also from becoming very large.

[0014] The variation in this fuel-injection property causes increase of the amount of NOx contained in exhaust gas, or a smoke. When an engine is in idling operational status especially, since the engine speed is low, engine operational status is unstable, and the variation in fuel injection timing influenced the variation in a real fuel ignition stage greatly, consequently has had big effect also on the exhaust gas engine performance. Originally, in the pilot injection with little fuel oil consumption, a role of pilot injection may be unable to be played by the variation in the fuel-injection property of each of this injector 3. Aging may arise in the fuel-flow property from the common rail to each injector 3, and even if the role of pilot injection can expect at the beginning, it may become impossible furthermore, to achieve in connection with the passage of time. Since there are the above phenomena about pilot injection, even if it is going to perform pilot injection, in some gas columns,

pilot injection may not be performed and there is a trouble that the reduction effectiveness of a combustion noise and NOx by pilot injection will decrease.

[0015]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The cylinder internal pressure of an engine gas column is measured with the cylinder internal pressure when repeating compression and expansion without injection of a fuel. Since it results in change to cylinder internal pressure by injection of a fuel, and subsequent combustion, the cylinder internal pressure of a gas column, and the heat rate within a gas column between the stages and real fuel ignition stages when correspondence relation exists at and a heat rate changes It can stand on a standpoint that there is ***** and relation between the change in fuel oil consumption, the height of a heat rate, or its integral value is. Then, from said cylinder internal pressure data, while searching for a heat rate and calculating a real fuel ignition stage from change and the magnitude, or the integral value of a heat rate By pilot injection Whether the fuel of a complement is injected Even when it asks and variation and aging are in the fuel-injection property of each injector based on the result, actual pilot fuel injection timing and the pilot injection quantity are made in agreement with target fuel injection timing and the target injection quantity. Especially about pilot injection Since pilot injection will tend to become unstable if relevance arises in fluctuation mutually in controlling pilot fuel injection timing and the pilot injection quantity to coincidence, after pilot fuel injection timing is stabilized, amending the pilot injection quantity is called for.

[0016]

[Means for Solving the Problem] In the engine with which the fuel which the purpose of this invention is solving the above-mentioned problem, and was injected from the injector lights and burns When the fuel injected by pilot injection and the Maine injection is lit The changing combustion chamber internal pressure, i.e., cylinder internal pressure, is detected, and a heat rate is calculated based on the detected cylinder internal pressure, and the real fuel ignition stage of pilot injection turns into a target ignition stage based on the count result. By pilot injection So that the peak value or the amount of heat release of a heat rate which appears when the injected fuel lights and burns may be set to target level By amending the drive stage and width of face of a pilot injection pulse which drive the actuator of an injector Even when variation and aging are in the fuel-injection property of each injector, it sets to pilot injection. It is offering the pilot injection-quantity control approach which makes it possible to make required fuel quantity inject, and to reduce the engine noise, and to make an exhaust gas property good, and its equipment.

[0017] This invention divides the fuel injected from an injector to a combustion chamber into the Maine injection and the pilot injection preceded with said Maine injection. It injects. Said current target pilot fuel injection timing and the current target pilot injection quantity according to said operational status of said engine are calculated from target pilot fuel injection timing and the target pilot injection quantity which are beforehand decided based on engine operational status. The heat rate serially searched for based on the pressure of said combustion chamber as a stage to just change from negative It corresponds to the ignition stage determined and said pilot injection. The heat rate peak value within the period decided beforehand Or a heat rate integral value so that it may be in agreement with the target ignition stage, the target heat rate peak value, or the target heat rate integral value defined according to said target pilot fuel injection timing and said target pilot injection quantity, respectively Pilot fuel injection timing in said next pilot injection And when the amount of amendments which amends the pilot injection quantity and amends said pilot fuel injection timing exceeds the specified quantity decided beforehand, it is related with the pilot fuel-injection control approach in the engine which consists of not amending said pilot injection quantity.

[0018] Moreover, this invention so that the injector which injects the fuel supplied through fuel passage to an engine combustion chamber, and said fuel may be divided and injected to the Maine injection and the pilot injection preceded with said Maine injection The controller which controls the drive of said injector is provided. Said controller Said current target pilot fuel injection timing according to said operational status and said current target pilot injection quantity of said engine are calculated from target pilot fuel injection timing and the target pilot injection quantity which are beforehand decided based on the operational status of said engine. The heat rate serially searched for based on the pressure of said combustion chamber as a stage to just change from negative It

corresponds to the ignition stage determined and said pilot injection. The heat rate peak value within the period decided beforehand Or a heat rate integral value so that it may be in agreement with the target ignition stage, the target heat rate peak value, or the target heat rate integral value defined according to said target pilot fuel injection timing and said target pilot injection quantity, respectively Pilot fuel injection timing in said next pilot injection And when the amount of amendments which amends the pilot injection quantity and amends said pilot fuel injection timing exceeds the specified quantity decided beforehand, it is related with the pilot fuel-injection control unit in the engine which consists of not amending said pilot injection quantity.

[0019] In the pilot fuel-injection control approach in this engine, and its equipment, amendment of said pilot fuel injection timing and said pilot injection quantity is performed by amending the actuation stage and actuation period of said injector.

[0020] Furthermore, in the pilot fuel-injection control approach in this engine, and its equipment, said actuation stage of said injector and the amount of amendments of said actuation period are calculated by amending said last actuation stage and said amount of amendments of said actuation period based on deflection with said ignition stage, said heat rate peak value or said heat rate integral value, said target ignition stage and target heat rate peak value, or a target heat rate integral value, respectively.

[0021] According to the pilot fuel-injection control approach in the engine by this invention, and its equipment Current engine target pilot fuel injection timing and the current engine target pilot injection quantity according to operational status are calculated from target pilot fuel injection timing and the target pilot injection quantity which are beforehand decided based on engine operational status. By pilot injection The heat rate which the injected fuel burns and is serially searched for based on the pressure of said combustion chamber as a stage to just change from negative It corresponds to the ignition stage and pilot injection which are determined. The heat rate peak value within the period decided beforehand Or a heat rate integral value so that it may be in agreement with the target ignition stage, the target heat rate peak value, or the target heat rate integral value defined according to target pilot fuel injection timing and the target pilot injection quantity, respectively Next pilot fuel injection timing and the next pilot injection quantity in pilot injection are amended. Thus, so that it may be in agreement with the combustion condition that the combustion condition of the fuel injected by pilot injection is defined according to target pilot fuel injection timing and the target pilot injection quantity Since control which amends pilot fuel injection timing and the pilot injection quantity is performed Even when variation and aging are in the fuel-injection property of each injector, also in the pilot injection with difficult fuel-injection control, the required pilot injection quantity is always secured and becomes possible [maintaining engine actuation stability, engine exhaust gas engine performance, etc. good]. Moreover, about the ignition stage of the fuel injected by pilot injection, the feedback control of the pilot injection quantity is forbidden and amendment of the pilot injection quantity is not performed until amendment of pilot fuel injection timing is stabilized until deflection with desired value becomes smaller than a predetermined value namely.

[0022]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, with reference to a drawing, the pilot combustion injection control approach by this invention and its equipment are explained. The graph which showed the situation of change of the cylinder [drawing 2 / which show the outline of the common rail type fuel-injection system in the engine with which the pilot fuel-injection control device according / drawing 1 / to this invention was applied / the mimetic diagram and drawing 2] internal pressure according to progress of whenever [crank angle], the rate of fuel injection, and a heat rate, and drawing 3 are graphs which show outlines, such as cylinder internal pressure in each injector in accordance with progress of whenever [crank angle], and data processing. In addition, the structure of an injector 3 etc. can adopt what was explained as a Prior art as an example of this invention, unless it is contradictory to this invention, and it uses it for explanation of an example suitably.

[0023] The outline of a common rail type fuel-injection system in which the pilot fuel-injection control approach of the engine by this invention and its equipment are applied is shown in drawing 1 . In this common rail type fuel-injection system, an engine is a 4-cylinder engine. Fuel supply to the injectors 31, 32, 33, and 34 (3 is used when naming generically) which inject a fuel, respectively

is performed to the combustion chamber (not shown) formed in a cylinder 2 from a common rail 22 through the branch pipe 23 which constitutes a part of fuel passage. A feed pump 26 pressurizes the fuel which was made to pass a filter 25 and was sucked out of the fuel tank 24 at a predetermined pressure, and sends the pressurized fuel into a fuel pump 20 through a fuel pipe 27. A fuel pump 20 is variable-capacity type high pressure pumping for the so-called plunger-type supplies which drives with an engine and carry out a pressure up to the high pressure to which a fuel is set based on engine operational status etc. and which are supplied to a common rail 22 through a fuel pipe 29. A fuel is stored by the common rail 22 where a pressure up is carried out to a predetermined pressure, and it is supplied to each injector 3 from a common rail 22. An injector 3 injects a fuel under control of the controller 37 which is an electronic control unit to the combustion chamber which corresponds with suitable fuel injection timing and the suitable injection quantity. The injection pressure of the fuel injected from an injector 3 is that which requires abbreviation etc. by carrying out, the pressure, i.e., the common-rail-pressure force, of the fuel currently stored by the common rail 22, and the common-rail-pressure force is controlled by controlling an injection pressure. The fuel relieved from the fuel pump 20 is returned to a fuel tank 24 through the return tubing 35. The fuel which was not spent on the injection to a combustion chamber among the fuels supplied to the injector 3 from the branch pipe 23 is also returned to a fuel tank 24 through the return tubing 36.

[0024] The signal from the various sensors for detecting the operational status about the engine of the coolant temperature sensor 13 grade for detecting a circulating water temperature in the accelerator opening sensor 11 for detecting a sensor 10 and the amount Acc of accelerator opening whenever [for detecting an engine speed N_e / crank angle], the common-rail-pressure force sensor 12 which is formed in a common rail 22 and detects the fuel pressure in a common rail 22 (common-rail-pressure force), and a list is inputted into the controller 37. The pressure sensor of inhalation of air for detecting for example, the pressure of inhalation of air besides these sensors can be included. A controller 37 controls the injection property of the fuel by each injector 3, i.e., fuel injection timing of a fuel, an injection pressure, and the injection quantity so that engine power and an exhaust gas property become the optimal thing adapted to operational status based on these signals. Even if the fuel in a common rail 22 is consumed by a fuel being injected from an injector 3, a controller 37 controls the discharge quantity of a fuel pump 20 so that the common-rail-pressure force P_{cr} becomes fixed.

[0025] The multiple cylinder engine 1 shown in drawing 1 is a 4-cylinder engine. The injectors 31, 32, 33, and 34 which inject a fuel, and the cylinder internal pressure sensors 41, 42, 43, and 44 (4 is used when naming generically) as a pressure detection means to detect the pressure (cylinder internal pressure) of a combustion chamber are arranged in the combustion chamber (not shown) formed in a cylinder 2 by four gas column #1-#4, respectively. the cylinder internal pressure sensor 4 -- each -- it is faced and attached in the combustion chamber of gas column #1-#4. the cylinder internal pressure sensor 4 detected -- each -- the signal showing the cylinder internal pressure of gas column #1-#4 is inputted into a controller 37. Moreover, the signal which the sensor 10 detected, respectively is also inputted into a controller 37 whenever [sensor 8 which is formed in multiple cylinder engine 1 and acquires information about rotation of engine, i.e., gas column distinction sensor which distinguishes gas column used as criteria, BTDC (before top dead center) sensor / which detects a location whenever / crank angle / in front of a compression top dead center / 9, and crank angle].

[0026] Drawing 2 is the graph which showed the situation of change of the cylinder internal pressure (combustion chamber internal pressure) P_c , the rate R_f of fuel injection, and a heat rate q (it mentions later for details) to theta whenever [crank angle]. Although change of the cylinder internal pressure P_c in case fuel injection is not performed carries out symmetrical change to the peak of the cylinder internal pressure P_c with change of theta whenever [crank angle], if fuel injection (pilot injection) is performed at time of day T_p and the injected fuel is lit at time of day T_{pz} after that, the rise of the cylinder internal pressure P_c will become loose a little, and it will increase greatly after that. It is difficult to ask for whenever [as a fuel ignition stage / crank angle] correctly from this cylinder internal pressure P_c that goes abruptly up. In addition, injection control of the rate R_f of fuel injection shown in the graph of the middle is carried out so that it may have a peak in pilot injection and the Main injection, respectively.

[0027] Drawing 3 is a graph which shows the outline of change of the cylinder internal pressure

accompanying progress of whenever [crank angle], and the generating situation of various signals. The crank angle sensor 10 outputs a signal for 1 degree of every crank angles. Hereafter, especially crank angle θ presupposes that it is the counted value of whenever [crank angle / which counts 1 for 1 degree of every crank angles], unless it refuses. Whenever [crank angle], θ is 0 in the compression top dead center of # 1 cylinder, and takes a round of a four stroke cycle engine by two rotations 719 of a crankshaft, i.e., counted value. Four graphs of the upper case of drawing 3 express change of the cylinder internal pressure P_c accompanying progress of θ whenever [crank angle / of gas column #1-#4], respectively. Since an engine 1 is a 4-cylinder, if the gas column number n is set to #1-#4 according to the list of a train, the combustion sequence i will serve as order of #1 ->#3 ->#4 ->#2, as shown in Table 1.

[Table 1]

燃焼順序 i	気筒番号 n
1	# 1
2	# 3
3	# 4
4	# 2

each -- in gas column #1-#4, when it greets like compression / explosion line one after another in above order, combustion is performed and a certain gas column passes like an explosion line, the following gas column is contained in the compression stroke. The output of each sensor about rotation of an engine is shown in the graph of the middle of drawing 3. # Since the gas column of 1 is a criteria gas column, a gas column distinction (REF) signal is outputted at 120 degrees in front of a compression top dead center. Moreover, a BTDC signal is outputted at 60 degrees in front of the compression top dead center of each gas column. # About a 1 cylinder, since it is made θ from 180 degrees to 180 degrees, i.e., whenever [crank angle], behind a compression top dead center in front of a compression top dead center, and # 1 cylinder greets like compression / explosion line when it is less than 180 or more in 540, the cylinder internal pressure P_c which changes a lot at this period is detected, and that detection data is stored. Based on the stored data, the Main processing calculates in the predetermined time amount of 180 degrees behind a compression top dead center, and processing of an injector 31 is performed based on a next BTDC interrupt signal. the graph of the lower berth of drawing 3 -- whenever [crank angle] -- the increment in θ -- following -- each -- the sequence and timing of processing of each injector 3 in gas column #1-#4 are shown roughly. [0028] The relation of the various kinds of sensors and an injector 3 centering on the controller 37 of this engine is shown in drawing 4. Drawing 4 is the block diagram of the controller 37 which performs fuel-injection control which includes pilot injection-quantity control of the multiple cylinder engine which outputs the control signal to each injector in response to the detecting signal from the various sensors about rotation of an engine, and a cylinder internal pressure sensor. the gas column distinction (REF) sensor 8 which distinguishes the location of 120 degrees before the gas column from which the rotation sensor of an engine 1 serves as criteria among gas column #1-#4, for example, the top dead center of #1, -- each -- it consists of a sensor 10 whenever [BTDC sensor / which detects 60 degrees in front of the top dead center like the explosion line of gas column #1-#4 / 9, and crank angle / which detects whenever / crank angle / for every degree]. In relation to the driving shaft of a fuel pump 20, or the cam shaft for an induction-exhaust valve drive, it is arranged so that the gas column distinction sensor 8 and the BTDC sensor 9 may emit four BTDC signals and one REF signal, respectively, while a crankshaft rotates it two times, since an engine 1 is a four stroke cycle engine. A signal is inputted into being inputted into CPU14, and parallel also at DSP (digital signal processor)15 whenever [crank angle / which the sensor detected whenever / gas column distinction signal / which the gas column distinction REF sensor detected / , and crank angle]. DSP15 can subtract and add the inputted signal at high speed.

[0029] In addition to each sensors 8-10 about rotation of the above-mentioned engine 1, in a controller 37, the detecting signal from the common-rail-pressure force sensor 12 showing the operational status of an engine 1 which detects pressures, such as the accelerator opening sensor 11

and a common rail, as a thing and the coolant temperature sensor 13 which detects the temperature of the cooling water which performs cooling of an engine 1, or a MAP sensor is inputted into a central processing unit (CPU) 14.

[0030] An exchange of the data between CPU14 and DSP15 is performed through the dual port memory 16 which is common RAM which can be written from both of CPU14 and DSP15. It connects through the CPU bus 17 between CPU14 and dual port memory 16, and connects through the DSP bus 18 between DSP15 and dual port memory 16. The cylinder internal pressure sensors 4 which detect the cylinder internal pressure P_c are the cylinder internal pressure sensors 41-44 faced and formed in each combustion chamber of gas column #1-#4, and detect the cylinder internal pressure P_c as relative pressure (gage pressure) with an atmospheric pressure. The analog signal of the cylinder internal pressure which the cylinder internal pressure sensors 41-44 detected is inputted into A-D converter 19, is changed into a digital signal, and is sent to DSP15 through the DSP bus 18.

[0031] the result to which CPU14 was processed by DSP15 about the information showing the operational status of the engine 1 inputted directly, and the cylinder internal pressure from the cylinder internal pressure sensors 41-44 from each sensors 8-13 -- being based -- an operation -- carrying out -- each -- control about fuel injection, such as fuel injection timing of the injectors 31-34 formed respectively corresponding to gas column #1-#4, fuel oil consumption, and fuel-injection-pressure control, is performed. DSP15 processes addition and subtraction of the digital signal about the cylinder internal pressure P_c at high speed. Since this processing is digital processing, the differential and the integral of the cylinder internal pressure P_c can also be calculated similarly at high speed. Moreover, in order that CPU15 may control the discharge quantity of the fuel pump 20 of an adjustable type in order to control the pressure of a common rail, and it may control the amount of exhaust gas recirculation, it controls EGR valve 21.

[0032] in the pilot fuel-injection control by this invention, the amount of pilot heat release based on the pilot injection which searches for a pilot heat rate based on the cylinder internal pressure P_c which the cylinder internal-pressure sensors 41-44 detected, and is called for by integrating with the peak value of a pilot heat rate or a pilot heat rate is in agreement with target peak value or the amount of target pilot heat release, respectively -- as -- the electromagnetism of an injector 3 -- the pilot injection pulse width supplied to an actuator 66 (refer to drawing 30) is amended. Moreover, in consideration of an ignition delay, the fuel injection timing of each injector 3 is amended in order to make in agreement the ignition stage for which it asked from the stage when the heat rate for which coincidence was asked from the cylinder internal pressure P_c which each cylinder internal pressure sensors 41-44 detected carries out a zero cross at a target ignition stage. Hereafter, the detail of this pilot fuel-injection control is explained based on actuation of CPU14, and actuation of DSP15.

[0033] CPU14 performs Maine processing shown in drawing 5. Drawing 5 is a flow chart which shows the Maine processing of CPU in the controller shown in drawing 4. This Maine processing consists of each following step.

(1) Initialization of CPU14 is performed (it abbreviates to step 1 and S1.). It is below the same.

(2) Process a sensor signal (S2). The detecting signal from various kinds of sensors inputted into CPU14 as shown in drawing 4 is processed.

(3) Perform count of the fuel quantity which each injector 3 should inject, i.e., fuel oil consumption, based on the information acquired by signal processing performed by S2 (S3). In the fuel characteristics-of-spray-amount map which the operational status of a multiple cylinder engine 1, i.e., accelerator opening and an engine speed, opts for count of fuel oil consumption beforehand, and is memorized by memory It is carried out by calculating the target fuel oil consumption Q_b corresponding to the current accelerator opening detected, current operational status 11, i.e., accelerator opening sensor, and the engine speed called for from the BTDC signal etc. (the last fuel oil consumption may be calculated in the amount of amendments of the required injection quantity). The pilot injection quantity is calculated from this target fuel oil consumption and engine speed, it is with the Maine injection quantity and said target fuel oil consumption is divided.

(4) Moreover, based on the information acquired by signal processing performed by S2, the stage when each injector 3 should inject a fuel, i.e., fuel injection timing, is calculated (S4). Even if it is injection [which / of pilot injection and the Maine injection], the target fuel injection timing

corresponding to the fuel oil consumption calculated by S3 and a current engine speed is called for on the fuel-injection-timing property map beforehand decided based on fuel oil consumption and an engine speed.

(5) The pressure which injects a fuel, i.e., fuel injection pressure, is calculated so that the fuel oil consumption calculated by S3 can be injected at the fuel injection timing asked by S4 based on the information furthermore acquired by signal processing performed by S2 (S5). Control of fuel injection pressure is performed by asking for a target injection pressure from fuel oil consumption and an engine speed, and it is performed by controlling the flow control valve prepared in relation to a fuel pump 20 so that the common-rail-pressure force (fuel pressure) P_{cr} which the common-rail-pressure force sensor 12 detects may still more specifically turn into a target injection pressure.

[0034] As already explained, the target fuel oil consumption Q_b corresponding to accelerator opening, an engine speed, etc. which are in a current engine operation condition is calculated from the fuel characteristics-of-spray-amount map beforehand decided based on accelerator opening, an engine speed, etc., but in carrying out pilot injection, further, the fuel oil consumption Q_p by pilot injection, i.e., the pilot injection quantity, is calculated from this target fuel oil consumption Q_b and engine speed, and it divides the target fuel oil consumption Q_b into the pilot injection quantity Q_p and the Main injection quantity Q_m .

[0035] in order to carry out the pilot fuel injection timing T_p expressed as a BTDC include angle, i.e., pilot injection, -- the electromagnetism of an injector 3 -- as shown in drawing 25 (1) - (3), a correlation is between the zero cross stage T_{pz} as the initiation stage of the pulse supplied to an actuator 66 (refer to drawing 30), and a real ignition stage which just changes a heat rate q from negative, pilot heat rate peak value q_{max} , and the pilot heat rate integral value I_q . The zero cross stage T_{pz} also becomes early at a BTDC include angle, so that the pilot fuel injection timing T_p is rash at a BTDC include angle. It turns out that pilot heat rate peak value q_{max} and the pilot heat rate integral value I_q serve as the maximum with the specific stage of the pilot fuel injection timing T_p .

[0036] Moreover, as shown in drawing 26, a correlation is also between the pilot injection quantity Q_p (in this case restricting actual measurement), and the zero cross stage T_{pz} which just changes a heat rate q from negative, pilot heat rate peak value q_{max} and the pilot heat rate integral value I_q . The zero cross stage T_{pz} increases gradually pilot heat rate peak value q_{max} and the pilot heat rate integral value I_q with the increment in the pilot injection quantity Q_p , although it will converge on the fixed include angle of BTDC if there is pilot injection quantity Q_p more than a constant rate.

About correlation between the pilot injection quantity Q_p and pilot heat rate peak value q_{max} , I am understood also from drawing 24. That is, if the rate of the pilot injection quantity Q_p occupied to the target fuel oil consumption Q_b is enlarged, while pilot heat rate peak value q_{max} is high and the amount of heat release increases, the amount of heat release will become [the heat rate peak by the Main injection] low small. In the heat rate q shown in drawing 24, it is most desirable to perform pilot injection so that change shown with a broken line may be produced.

[0037] Fuel-injection control consists of injection-quantity control, fuel-injection-timing control, and an injection pressure force control as above-mentioned, and based on the zero cross stage T_{pz} called for from a heat rate q , pilot heat rate peak value q_{max} , and the pilot heat rate integral value I_q , from the above-mentioned correlation, a controller 37 performs control of each injector 3 and a fuel pump 20 so that a fuel may be injected from each injector 3 on each above-mentioned injection conditions. For example, fuel injection timing and the injection quantity of pilot injection are amended by amending the output stage and pulse width of the pulse for a pilot injection drive of an injector 3. In the flow chart shown in drawing 5, after CPU14 is initialized by S1, S2-S5 are performed in order to the injector 3 which should perform fuel injection, respectively, and above S2-S5 are repeated for every injection. The fuel injection pressure defined by the fuel oil consumption, the fuel injection timing, and the adjustable type fuel pump 20 which an injector 3 should inject is controlled so that fuel injection becomes the optimal under the relation of the trade-off which exists between exhaust gas, the noise, and an output. even if it is a time of an engine being in idling operational status especially, pilot heat rate peak-value q_{max} or a pilot heat rate integral value I_q turn into the desired value set up beforehand -- as -- the electromagnetism of an injector 3 -- even if it controls pilot fuel injection timing so that a real ignition stage turns into a target ignition stage, and variation and aging are in the injection property of an injector 3, the optimal pilot injection and its combustion make

perform, while amending the pilot injection pulse width which drives an actuator 66

[0038] One reference mark (loss of teeth is sufficient) is formed in the angular position corresponding to 120 degrees in front of the compression top dead center of criteria gas column #1, and when the gas column distinction sensor 8 detects this reference mark, 1 time per pumping-axes 1 rotation of a REF signal is outputted to the rotor plate fixed to the pumping axes of a fuel pump 20, or the cam shaft for an induction-exhaust valve drive. The gas column distinction sensor's 8 output of a REF signal performs REF interrupt processing as shown in drawing 6. Drawing 6 is a flow chart which shows interrupt processing when a gas column distinction signal is inputted into CPU14 in the Maine processing shown in drawing 5. In this interrupt processing, reset processing which sets counted value CNb of a BTDC signal to 0 is performed. That is, since a multiple cylinder engine 1 is a 4-cylinder engine, a BTDC signal can take four integers from 0 to 3. Since the gas column distinction sensor 8 detects this reference mark before injection and ignition of the fuel in each gas column take a round from from and counted value CNb is set to 4, when counted value CNb is 0, counted value CNb is set to 0 (S6).

[0039] The mark (loss of teeth is sufficient) in front of [of four] a top dead center is formed in the angular position corresponding to 60 degrees every 90 degrees in front of the compression top dead center in each gas column, and when the BTDC sensor 9 detects a mark in front of a top dead center, 4 times per pumping-axes 1 rotation of BTDC signals are outputted to the rotor plate fixed to the pumping axes of a fuel pump 20, or the cam shaft for an induction-exhaust valve drive (see the graph shown in the middle of drawing 3). If a BTDC signal is inputted into CPU14, BTDC signal interrupt processing which is explained below will be performed.

[0040] BTDC signal interrupt processing of drawing 7 is performed as follows. Drawing 7 is a flow chart which shows interrupt processing in the CPU Maine processing shown in drawing 5 when a BTDC signal is inputted.

- (1) The rotational speed of an engine 1 is calculated (S10). That is, based on the time amount taken [after detecting the last BTDC signal] to detect this BTDC signal, the rotational speed of the engine 1 per unit time amount is computed.
- (2) Judge whether the counted value CNb of a BTDC signal is 0 (S11). If counted value CNb is 0, fuel-injection processing (activation of the fuel injection of S2-S5, and after that) of the injector 31 formed in the gas column (#1) of the combustion sequence $i=1$ will be performed (S12). The outline of the timing of processing of this injector is shown in the graph of the bottom of drawing 3.
- (3) If counted value CNb is not 0 in the judgment by S11, it will shift to S13 immediately and will judge whether counted value CNb is 1 (S13).
- (4) If counted value CNb is 1, fuel-injection processing (activation of the fuel injection of S2-S5, and after that) of the injector 33 formed in the gas column (#3) of $i=2$ will be performed (S14).
- (5) If counted value CNb is not 1 in the judgment by S13, it will shift to S15 immediately and fuel-injection processing of the injector in the case of being YES will be performed in the same judgment processing as the above, and judgment processing below (S15).
- (6) By S12, S14, or S15, if fuel-injection processing of which injector 3 of #1-#4 is performed, since it will surely be set to NO in judgments other than the judgment of the corresponding counted value CNb, make into the new counted value CNb what increased 1 to counted value CNb by S16 (S16), and end this interrupt processing. Also in this next interrupt processing, the judgment to the following counted value CNb serves as YES by either of the same judgments by S11, S13, or S15. If the sequential increment of the counted value CNb is carried out and counted value CNb is set to 3, before counted value CNb is set to 4, a reference mark will be detected, and counted value CNb will be reset by S6 0.

[0041] Next, the Maine processing of DSP15 is explained with reference to drawing 8. Drawing 8 is a flow chart which shows the DSP Maine processing in the controller shown in drawing 4.

- (1) Initialize DSP (S20).
- (2) If initialization is completed, cylinder internal pressure processing will be performed (S21). It is for cylinder internal pressure processing being processing of the cylinder internal pressure data of detected gas column #1-#4, performing it by repeating cylinder internal pressure data processing for every degree whenever [crank angle] about gas column #1-#4 corresponding, and calculating the amount of pilot heat release based on count and it of a heat rate etc. About the detail of cylinder

internal pressure processing, it mentions later.

[0042] In DSP, AD translation termination-interrupt processing shown in drawing 9 is performed as a premise for performing processing in a cylinder shown in S21. Drawing 9 is a flow chart which shows interrupt processing at the time of the AD translation termination in the DSP Main processing shown in drawing 7. In this interrupt processing, each step of the read in of the AD translation result of cylinder internal pressure (namely, chamber pressure), initialization of whenever [crank angle], storing in the memory of cylinder internal pressure data, and renewal of whenever [crank angle] is performed synchronizing with the signal in every degree of whenever [crank angle]. That is, although the cylinder internal pressure of each gas column is changed into digital one from the analog by A-D converter 19 (refer to drawing 4) for every degree whenever [crank angle], interrupt processing is performed whenever conversion by this A-D converter 19 ends the AD translation termination-interrupt processing shown in drawing 9.

- (1) Read the AD translation result AD_r of cylinder internal pressure (i) (S30). The AD translation result AD_r of each cylinder internal pressure (i) is read as P_c (i) in order of [i] combustion (= 1-4).
- (2) Next, initialization of whenever [crank angle] is performed (S31).
- (3) Cylinder internal pressure data are stored in memory (S32).
- (4) Renewal of whenever [crank angle] is performed (S33).

About S31-S33, a detail is explained below, respectively.

[0043] Next, with reference to the flow chart shown in drawing 10, initialization of whenever [in S31 / crank angle] is explained. Drawing 10 is a flow chart which shows processing of initialization of whenever [in interrupt processing at the time of the AD translation termination which ** to drawing 9 / crank angle]. An engine is a 4-cylinder engine, and since injection and ignition of the fuel of each gas column take a round of two rotations of a crankshaft, a round period of whenever [crank angle] is 720 by the count of a count. theta counts 1 at 1 degree whenever [crank angle]. The counted value to 719 is taken until theta sets the time of the gas column (#1) of the combustion sequence i= 1 taking the location of a top dead center to 0 whenever [crank angle] and injection and ignition of the fuel of a 4-cylinder take a round.

- (1) Judge whether initialization of whenever [crank angle] is already completed (S40). If initialization of whenever [crank angle] is completed, it will already return to the routine of an AD translation termination interrupt immediately. If initialization of whenever [crank angle] is not completed, a step shifts to S41.
- (2) Judge whether the REF signal outputted to 120 degrees in front of the top dead center of a specific gas column (#1), i.e., the gas column of i= 1, has started (S41). If the REF signal has not started, a return is immediately carried out to the routine of an AD translation termination interrupt.
- (3) If the REF signal has started in S41, theta will be set as the 720 minus 120 (namely, 600) whenever [crank angle] (S42). 120 is equivalent to whenever [setting-angle / of the gas column distinction sensor 8].
- (4) After a setup in S42 is completed, initialization of whenever [crank angle] is completed (S43). If initialization of whenever [crank angle] is performed, unless engine starting is performed next time, initialization which is whenever [crank angle] will not once be performed.

[0044] Next, with reference to the flow chart shown in drawing 11, the storing processing to the memory of the cylinder internal pressure data in S32 is explained. Drawing 11 is a flow chart which shows the storing processing to the memory of the cylinder internal pressure data in interrupt processing at the time of the AD translation termination which ** to drawing 9.

- (1) Judge whether theta is 540 or more and less than 180 whenever [crank angle / which was initialized] (S50). If theta is not [whenever / crank angle] contained within the limits of this, it shifts to S57. Whenever [crank angle / which is defined by S50], whenever [crank angle / of the gas column (#1) of i= 1] is the range corresponding to less than 180 degrees before and behind a compression top dead center, and the range of theta is range even like [from a compression stroke] an explosion line. Cylinder internal pressure in the meantime is important for ignition stage control, and is adopted as data.
- (2) It is judged whether theta is 540 whenever [crank angle] (S51). If theta is 540 whenever [crank angle], since it is the starting point of the range of theta whenever [above-mentioned crank angle], crank angle whenever [classified by gas column defined as whenever / crank angle / about the gas

column of $i = 1$] θ (1) is cleared, and it is referred to as 0 (S52). It is shown that one in a parenthesis is whenever [about the gas column of $i = 1$ / crank angle]. Therefore, θ (1) takes the values from 0 to 359.

(3) Let cylinder internal pressure P_c about the gas column of $i = 1$ (1) be the cylinder internal pressure P_c (θ (1), 1) at the time of crank angle whenever [classified by gas column] θ (1) (S53).

(4) Judge whether crank angle whenever [classified by gas column about the gas column of $i = 1$] θ (1) is 359 (S54). That is, it judges whether it is the terminal point of the range whenever [about the gas column of $i = 1$ / data collection crank angle].

(5) Supposing θ (1) is 359, since θ (1) is after performing it from 0 to 359, storing of the cylinder internal pressure data about the gas column of $i = 1$ will already have ended it (S55).

(6) Supposing θ (1) is not 359, since θ (1) has not reached to a terminal point yet, it will set to new θ (1) that from which only 1 increased the number of counts of θ (1) corresponding to advancing 1 degree whenever [crank angle] (S56).

[0045] (7) Next, θ judges [or more 0] whether it is less than 360 whenever [crank angle] (S57). If θ is not [whenever / crank angle] contained within the limits of this, it shifts to S64.

Whenever [crank angle / which is defined by S57], the corresponding range of whenever [crank angle / of the gas column (#3) of the combustion sequence $i = 2$] is less than 180 degrees before and behind a compression top dead center, and the range of θ is range even like [from the compression stroke] an explosion line. Cylinder internal pressure in the meantime is required for ignition stage control, and it is adopted as data. Therefore, when θ is less than [0 or more] 180 whenever [crank angle], storing of the cylinder internal pressure data about the gas column (#1) of $i = 1$ and the gas column (#3) of $i = 2$ is performed.

(8) It is judged whether θ is 0 whenever [crank angle] (S58). If θ is 0 whenever [crank angle], since it is the starting point of the range of θ whenever [above-mentioned crank angle], crank angle whenever [classified by gas column defined as whenever / crank angle / about the gas column (#3) of $i = 2$] θ (2) is cleared, and it is referred to as 0 (S59). Therefore, θ (2) about the gas column of $i = 2$ takes the values from 0 to 359.

(9) Let cylinder internal pressure P_c (2) about the gas column of $i = 2$ at the time of crank angle whenever [classified by gas column] θ (2) be the cylinder internal pressure P_c (θ (2), 2) (S60).

(10) Judge whether crank angle whenever [classified by gas column about the gas column of $i = 2$] θ (2) is 359 (S61).

(11) Supposing θ (2) is 359, since θ (2) is after performing it from 0 to 359, storing of the cylinder internal pressure data about the gas column of $i = 2$ will already end it (S62).

(12) Supposing θ (2) is not 359, since θ (2) has not reached to a terminal point yet, it will set to new θ (2) that from which only 1 increased the number of counts of θ (2) corresponding to advancing 1 degree whenever [crank angle] (S63).

(13) henceforth -- $i =$ -- also about the gas column (#4 and #2) of 3 and 4, carry out same processing and store cylinder internal pressure data in memory (S64).

[0046] Next, an update process of whenever [crank angle] is explained with reference to the flow chart shown in drawing 12. Drawing 12 R> 2 is a flow chart which shows an update process of whenever [in interrupt processing at the time of the AD translation termination shown in drawing 9 / crank angle]. The update process S33 of whenever [crank angle] is performed for every increment of θ .

(1) Whenever [crank angle], increase one and update θ (S70).

(2) Judge whether θ is less than 720 whenever [crank angle] (S71). Since the injection about four gas columns and ignition have not taken a round yet with [whenever / crank angle / θ] 720 [less than], interrupt processing after AD translation termination is continued.

(3) With [whenever / crank angle / θ] 720 [or more], reset θ to 0 whenever [crank angle] (S72).

[0047] Next, with reference to the flow chart shown in drawing 13, the detail of the cylinder internal pressure processing under Main processing of DSP shown in drawing 8 (S21) is explained.

Drawing 13 is a flow chart which shows the cylinder internal pressure processing in the Main

processing of DSP shown in drawing 8.

(1) Judge whether the cylinder internal pressure data storage (S55 of drawing 11) of a part has ended 1 combustion line of the gas column (#1) of the combustion sequence $i=1$ (S80). If the cylinder internal pressure data storage of the gas column (#1) of $i=1$ is not completed, it judges whether it shifted to S84 and the cylinder internal pressure data storage of the gas column (#3) of $i=2$ is completed.

(2) By the judgment of S80, after the cylinder internal pressure data storage of the gas column of $i=1$ is completed, perform filtering to data (S81). Since cylinder internal pressure data are changed sharply, they perform filtering, such as taking the moving average, remove a noise, and obtain a smooth cylinder internal pressure curve (refer to drawing 2).

[0048] (3) Calculate a heat rate q from the obtained pressure curve (S82). A heat rate q is searched for as follows. First, cylinder content volume V_{θ} is expressed with the following formula.

[Equation 1]

$$V_{\theta} = V_c + \pi \times \frac{B^2}{4} \times \left\{ L + \frac{S}{2} - \left(\frac{S}{2} \cos \theta_c + \sqrt{L^2 - \left(\frac{S}{2} \cos \theta_c \right)^2} \right) \right\}$$

Here, for V_c , a clearance volume [m³] and S are [connecting rod die length [m] and θ_c of a piston stroke [m] and L] whenever [crank angle] (deg). Although this cylinder content volume V_{θ} and the differential value according to θ_c whenever [that crank angle] may be calculated on real time whenever θ_c is updated whenever [crank angle], it may be begun serially to read them from the map data which asked by count beforehand and were stored in memory. Moreover, whenever [cylinder internal pressure P_c and its crank angle], a sensor detects the differential value by θ_c and it is acquired by processing by DSP. Heat rate $q = dQ/d\theta_c$ is called for by the following formula (θ_c is treated as a continuous variable among a formula).

[Equation 2]

$$q = \frac{dQ}{d\theta_c} = \frac{1}{\kappa - 1} \left(V_{\theta} \cdot \frac{dP_{\theta}}{d\theta_c} + \kappa \cdot P_{\theta} \cdot \frac{dV_{\theta}}{d\theta_c} \right)$$

Here, the upper formula is calculated on real time noting that the ratio of specific heat κ is fixed.

(4) Calculate $q_{\max}(1)$ which is the peak value of the heat rate produced by pilot injection, i.e., a pilot heat rate, based on the result of the heat rate q calculated by S82 (S83). About the detail of count of peak value $q_{\max}(1)$ of a pilot heat rate, it mentions later.

[0049] (5) If the cylinder internal pressure data storage of the gas column (#1) of the combustion sequence $i=1$ is not completed, judge whether the cylinder internal pressure data storage of the gas column (#3) of $i=2$ is completed (S84). Since it is the same as that of S80-S83, each step of filtering after S84 (S85), count (S86) of a heat rate q , and count (S87) of peak value $q_{\max}(2)$ of a pilot heat rate is skipped. Similarly, processing with the same said of the gas column (#4) of $i=3$ and the gas column (#2) of $i=4$ is performed. In addition, processing of drawing 13 is in the condition with which storing of the cylinder internal pressure data of a part finished 10 combustion lines of each gas column as interruption of whenever [crank angle], and each step of filtering, count of a heat rate q , and count of peak value $q_{\max}(i)$ of the pilot heat rate q is performed.

[0050] Next, with reference to drawing 14, count of the pilot ignition stage T_{pz} as a fuel ignition stage (i) and pilot heat rate peak value $q_{\max}(i)$ is explained. Drawing 14 is a flow chart which shows the computation of pilot heat rate peak value $q_{\max}(i)$ in the cylinder internal pressure processing shown in drawing 13, and detection processing of the pilot ignition stage T_{pz} . i is the combustion sequence that the value of 1-4 can be taken, and since common processing is performed

to i value each, unless it refuses especially, it omits description of combustion sequence.

(1) in order to carry out pilot injection -- the electromagnetism of an injector 3 -- in order to consider Maine injection as the initiation stage (namely, pilot fuel injection timing) T_p of the pulse supplied to an actuator 66 -- the electromagnetism of an injector 3 -- read the initiation stage (it abbreviates to Maine fuel injection timing) T_m of the pulse supplied to an actuator 66, and an engine speed N_e from dual port memory 16 (S90). These data are processed by CPU14 and written in the dual port memory 16 which is RAM (see drawing 4).

(2) Calculate initiation delay θ_{taa} (crank angle) showing the delay by the stage to start count of pilot heat rate peak value q_{max} (i) from the pilot fuel injection timing T_p of a count period (S91). Initiation delay θ_{taa} of a count period is beforehand decided to become smaller than the value or it which added ignition-delay α to injection-lag θ_{tai} of an injector 3, as shown in drawing 27 . Injection-lag θ_{tai} is time amount regularity mostly, and since ignition-delay α changes with engine speeds N_e , initiation delay θ_{taa} of a count period becomes map data which make an engine speed N_e a variable.

(3) Calculate count initiation include-angle θ_{tas} of pilot heat rate peak value q_{max} by the following formula from the pilot fuel injection timing T_p and initiation delay θ_{taa} (S92). In addition, the pilot fuel injection timing T_p doubles the dimension with whenever [crank angle] .

Count period termination delay θ_{tab} of pilot heat rate peak value q_{max} is calculated from the $\theta_{tas} < T_p + \theta_{taa}$ (4) Maine fuel injection timing T_m (S93). count period termination delay θ_{tab} -- the Maine injection sake -- the electromagnetism of an injector -- it is calculated as a period equivalent to the sum of an injection lag until the Maine injection is injected from the Maine fuel injection timing T_m equivalent to the standup of the driving pulse supplied to an actuator, and ignition-delay β by the stage which the fuel injected by the Maine injection lights. Since ignition-delay β is dependent on an engine speed N_e , count period termination delay θ_{tab} becomes map data which make an engine speed N_e a variable.

(5) From the Maine fuel injection timing T_m and count period termination delay θ_{tab} , count termination include-angle θ_{tae} of pilot heat rate peak value q_{max} is calculated by the following formula (S94). In addition, the pilot fuel injection timing T_p doubles the dimension with whenever [crank angle] .

$\theta_{tae} < T_m + \theta_{tab}$ (6) The stage T_{pz} which the fuel injected by the pilot injection which exists in the count include-angle period from θ_{tas} to θ_{tae} lights, i.e., a pilot ignition stage, is detected (S95). The detected pilot ignition stage T_{pz} is written in the dual port memory 16 shown in drawing 4 .

(7) Calculate pilot heat rate peak value q_{max} as maximum in the count include-angle period from θ_{tas} to θ_{tae} by count, and write in dual port memory 16 (S96).

In addition, the relation between count section initiation delay θ_{taa} , count section termination delay θ_{tab} , and an engine speed is shown in the graph of drawing 28 . Generally, if an engine speed increases, whenever [crank angle / which appears as delay] will tend to become small.

[0051] Next, with reference to drawing 15 , count of the pilot ignition stage T_{pz} using the data of a heat rate is explained. Drawing 15 is a flow chart which shows the computation which asks for the pilot ignition stage T_{pz} from the heat rate searched for in the cylinder internal pressure processing shown in drawing 13 . Common processing is performed to each combustion sequence i (the value of 1-4 can be taken). Moreover, θ_{tac} is whenever [crank angle / of the compression expansion process of each gas column] (counted value), and an explosion line counts whenever [180-degree crank angle / of the range] to 0-359 before and behind a top dead center. This flow chart is performed when θ_{tac} is three or more, as shown in S100. In S83 or S86 grade, the heat rate q is already searched for. Moreover, the graph of the heat rate q over θ_{tac} is referred to whenever [crank angle / which is shown in drawing 29]. In addition, the pilot ignition stage T_{pz} is data on dual port memory 16 (refer to drawing 4).

(1) Judge whether q ($\theta_{tac}-3$) is negative about the gas column in which ignition and combustion of a fuel are performed (S101).

(2) If q ($\theta_{tac}-3$) is negative, it will judge whether q ($\theta_{tac}-2$) when θ_{tac} progresses whenever [crank angle / of the gas column concerned] only in one count is negative (S102).

(3) If q ($\theta_{tac}-2$) is negative, it will judge whether q ($\theta_{tac}-1$) when θ_{tac} progresses whenever

[crank angle / of the gas column concerned] only in further 1 count is forward (S103).

(4) If q (thetac-1) is forward, it will judge whether q (thetac) when thetac progresses whenever

[crank angle / of the gas column concerned] only in further 1 count is forward (S104).

[0052] (5) If q (thetac) is forward, the pilot ignition stage Tpz will presuppose that it is thetac-2

(S105). That is, since the sign of a heat rate q is changing by whenever [four continuous crank angle] between thetac-2 which it is at the middle time, and thetac-1, it is considered that the pilot ignition stage Tpz is thetac-2. In practice, since a zero crossing point is between thetac-2 and thetac-1, it may interpolate and you may ask for a zero crossing point. Moreover, when the precision of an operation is good, you may ask for the time of a sign just changing from negative by two points of order as a zero crossing point.

(6) When q (thetac-3) is forward in S101, q (thetac-2) is forward in S102 and q (thetac-1) is negative in S103, and when q (thetac) is negative in S104, whenever [crank angle] makes the pilot ignition stage Tpz the stage of 0, respectively (S106). That is, only when the sign of q changes between thetac-2 and thetac-1, the pilot ignition stage Tpz is called for by S105, and the pilot ignition stage Tpz is altogether set to 0 in the other situation.

(7) Judge whether the pilot ignition stage Tpz is 0 (S107).

(8) Increase c by 1 ***** whenever [crank angle] as the pilot ignition stage Tpz is 0 (S108).

(9) Judge whether there is thetac by 360 whenever [crank angle] (S109). That is, it judges whether it is the counted value of the last of the range which thetac can take. If thetac still is not 360, it will return to S101 and a routine will be performed again.

[0053] If the fuel which pilot fuel injection was performed and was injected at time of day Tp when drawing 2 was referred to again is lit, the rise of the cylinder internal pressure P_c will become loose a little, and will increase greatly with subsequent ignition. Although it was difficult to judge correctly whenever [crank angle / which a fuel lights] from this cylinder internal pressure P_c that goes abruptly up, if its attention is paid to a heat rate q , it can ask for a real fuel ignition stage correctly as mentioned above. That is, although 1 ** shows a negative heat rate by endoergic as shown in the graph of the heat rate q of the lower berth when a fuel is injected by the combustion chamber at the rate R_f of fuel injection shown in the graph of the middle of drawing 2, it changes to a forward heat rate after that. the beginning when, as for the heat rate q , fuel injection was performed -- some -- negative -- becoming (based on evaporation of a fuel) -- the pilot ignition stage Tpz can be easily set by considering that the zero cross time of day which changes to an increment and a heat rate q just changes from negative with ignition of the fuel injected by pilot injection is an ignition stage. In addition, the period from time of day Tp to time of day Tpz is equivalent to the ignition-delay period of a fuel. If the pilot ignition stage Tpz can be found, the fuel injection timing in each injector will be corrected so that a real fuel ignition stage may be in agreement with the target fuel ignition stage called for according to operational status. About concrete correction processing of fuel injection timing, it mentions later.

[0054] Next, the count of pilot heat rate peak value q_{max} shown by S96 is explained with reference to drawing 16. Drawing 16 is a flow chart which shows count of pilot heat rate peak value q_{max} in the count (S96) of pilot heat rate peak value q_{max} shown in drawing 14.

(1) Place starting point thetas of a count include-angle period with thetamax, and place the heat rate q in starting point thetas (thetas) with q_{max} (S110).

(2) Set to new crank angle whenever thetac what added 1 degree of increments to theta whenever [crank angle] (S111).

(3) The heat rate q at the time of thetac (thetac) judges whether it is size from the last heat rate q (thetac-1) whenever [new crank angle] (S112).

(4) From a heat rate q (thetac-1), when a heat rate q (thetac) is size, while it replaces q_{max} according to the heat rate q at the time of thetac (thetac) whenever [new crank angle], it replaces thetamax by theta whenever [new crank angle] (S113).

(5) After the replacement by S103 finishes when a heat rate q (thetac) is below the heat rate q (thetac-1) in the judgment of S102 or, judge whether theta is below terminal point thetai of a count include-angle period whenever [crank angle] (S114). When thetac has not reached terminal point thetai of a count include-angle period yet whenever [crank angle], it returns to S111 and the above-mentioned processing is repeated. If theta reaches terminal point thetai of a count include-angle

period whenever [crank angle], it will return to the flow of count of the pilot ignition stage shown in drawing 14 , and heat rate peak value.

[0055] Next, it returns to explanation of processing by CPU14 (refer to drawing 4). if the pilot ignition stage T_{pz} (i) and pilot heat rate peak value q_{max} (i) can be found, the pilot ignition stage T_{pz} (i) and pilot heat rate peak value q_{max} (i) are in agreement with each desired value decided beforehand with the flow chart shown in drawing 14 - drawing 16 -- as -- the electromagnetism of each injector 3 -- the output stage and width of face of a driving pulse which are supplied to an actuator 66 are amended. The injector 31 with which the combustion sequence i was formed in gas column #1 which is 1 in the correction processing is taken for an example, and is explained below. In addition, since it restricts in order of [$i=1$] combustion here, it omits for the simplification of a display. Drawing 17 is a flow chart which shows the output stage of the driving pulse for pilot injection in drive processing of the injector 31 in BTDC signal interrupt processing shown in drawing 7 , and amendment processing of width of face. As a premise of amendment processing of this driving pulse width of face for pilot injection, REF interrupt processing is started synchronizing with the gas column distinction REF signal shown in drawing 6 , the counter CNb for gas column distinction shall be reset, BTDC signal interrupt processing shall be further started synchronizing with the BTDC signal shown in drawing 7 , and the gas column which injects a fuel according to the value of the counter CNb for gas column distinction shall be judged.

(1) The conditions of the fuel injection which should inject a fuel with the corresponding injector are read (S120). The conditions of fuel injection are fuel injection pressure (namely, common-rail-pressure force P_{cr}), the Maine injection quantity Q_m , the pilot injection quantity Q_p , the Maine fuel injection timing T_m , and the pilot fuel injection timing T_p .

(2) Judge whether current and the pilot injection quantity Q_p are 0 (S121). since it is not necessary to calculate pilot heat rate peak value q_{max} when the pilot injection quantity Q_p is 0, in order to shift to S129 and to perform Maine injection -- the electromagnetism of an injector 31 -- it asks for the driving pulse width of face (it abbreviates to the Maine injection pulse width hereafter) supplied to an actuator 66 (refer to the drawing 3030).

(3) When the pilot injection quantity Q_p is not 0, judge whether engine operational status is idle operational status (S122). Since many problems (destabilization of operation, the noise, exhaust gas property) in accordance with an engine operation condition being idle operation do not become remarkable especially when engine operational status is not idle operational status, it shifts to S129 and fuel-injection control in the Maine injection is performed. Of course, this step (S122) is skipped and amendment may be made to be performed about the injection quantity of pilot injection, and fuel injection timing also by operational status other than idle operation.

(4) when engine operational status is idle operational status, amount of amendments ΔT_p of the pilot fuel injection timing T_p according to the pilot injection quantity Q_p , the pilot fuel injection timing T_p , etc. at that time calculates -- having (S123) -- amount of amendments ΔPW_p of the pilot injection pulse width PW_p is calculated (S124). The detail about count of these amounts of amendments is mentioned later.

[0056] (5) Let what amended the last pilot fuel injection timing by the following formula be this, i.e., last, pilot fuel injection timing T_p based on amount of amendments ΔT_p of the pilot fuel injection timing T_p called for by S123 (S125).

$T_p \leftarrow$ The pilot injection pulse width PW_p is calculated from the $T_p + \Delta T_p$ (6) fuel injection pressure P_{cr} , the pilot injection quantity Q_p , and injector flow characteristics (S126).

(7) Calculate last pilot injection pulse width PW_{pf} by adding amount of amendments ΔPW_p calculated by S124 to the pilot injection pulse width PW_p for which it asked by S126 (S127).

the electromagnetism of the $PW_{pf} \leftarrow PW_p + \Delta PW_p$ (8) injector 31 -- the injection pulse for pilot injection which has the pulse initiation stage and pulse width corresponding to last pilot injection pulse width PW_{pf} calculated in the last pilot fuel injection timing T_p and S127 calculated by S125, respectively is set to the driving pulse output counter for pilot injection (not shown) which outputs the driving pulse for driving an actuator 66 (S128).

(9) Since the pilot injection pulse width PW_p is amended, the pilot injection quantity Q_p read by S120 and different injection quantity are injected in fact. Therefore, in order not to change the total fuel injection quantity, the Maine injection pulse width PW_m which deducted the last pilot injection

quantity is calculated (S129).

(10) the electromagnetism of an injector 31 -- the injection pulse for the Maine injection which has the pulse initiation stage and pulse width corresponding to the Maine injection pulse width PWm for which it asked in the Maine fuel injection timing Tm and S129 read into the driving pulse output counter for the Maine injection (not shown) which outputs the pulse which drives an actuator 66 by S120, respectively is set (S130).

[0057] The detail of count of amount of amendments deltaTp of the pilot fuel injection timing Tp in S123 is explained with reference to drawing 18. Drawing 18 is a flow chart which shows the computation of amount of amendments deltaTp of the pilot fuel injection timing Tp.

(1) Calculate the target pilot ignition stage Tbpz from fuel oil consumption and an engine speed, and read the result (S140).

(2) Calculate deflection deltaTe of the last pilot ignition stage Tpz of the gas column (considering relation with drawing 17 # 1) which performs injection on dual port memory 16 (refer to drawing 4), and the target pilot ignition stage Tbpz (S141).

deltaTe<-Tbpz-Tpz(3) deflection deltaTe is multiplied by gain Gtheta, an integral, i.e., the thing which multiplied deflection deltaTe by gain Gtheta, is added to the last amount of pilot fuel-injection-timing amendments deltaTp, and amount of pilot fuel-injection-timing amendments deltaTp of the next time of each gas column is calculated (S142).

deltaTp<-deltaTp+deltaTexGtheta [0058] The detail of count of amount of amendments deltaPWp of the pilot injection pulse width PWp in S124 is explained with reference to drawing 19. Drawing 19 is a flow chart which shows the computation of amount of amendments deltaPWp of the pilot injection pulse width PWp.

(1) It is judged from the threshold gamma ignition stage deflection deltaTe calculated by S141 was beforehand decided to be whether it is size (S150). From a threshold gamma, when ignition stage deflection deltaTe is size, it does not amend pilot injection pulse width PWp.

(2) From a threshold gamma, when ignition stage deflection deltaTe is smallness, it calculates target pilot heat rate peak value qbmax from fuel oil consumption and an engine speed (S151).

(3) Calculate deflection deltaqmax of pilot heat rate value peak value qmax of an injection gas column (#1) and target pilot heat rate peak value qbmax which ask in S83 grade and are memorized by dual port memory 16 (refer to drawing 4) (S152).

deltaqmax<-qbmax-qmax(4) deflection deltaqmax is multiplied by Gain Gp, an integral, i.e., the thing which multiplied deflection deltaqmax by Gain Gp, is added to the last amount of pilot injection pulse width amendments deltaPWp, and next amount of pilot injection pulse width amendments deltaPWp is calculated (S153).

delta PWp<-delta PWp+delta qmaxxGp [0059] It replaces with control by pilot heat rate peak value qmax about control of the pilot injection pulse width PWp, and control by the pilot heat rate integral value Iq is possible. That is, drawing 20 is a flow chart corresponding to drawing 13, and is a flow chart which shows the cylinder internal pressure processing in the Maine processing of DSP shown in drawing 8. The overlapping explanation is omitted about the step which is common in the flow chart shown in drawing 13. In S163 and S167, count of the integral value Iq of the pilot heat rate q is performed based on the result of the heat rate q calculated by S162 or S166. This integral value Iq is equivalent to the amount of pilot heat release produced when the fuel injected by pilot injection lights and burned.

[0060] The detail of count of the integral value Iq is explained based on the flow chart shown in drawing 21. Drawing 21 is a flow chart corresponding to drawing 14, and is a flow chart which shows the computation of the pilot heat rate integral value Iq in the cylinder internal pressure processing shown in drawing 20. The overlapping explanation is omitted about steps, such as a count period which is common in the flow chart shown in drawing 14. In the period between count initiation include-angle thetas of the pilot heat rate integral value Iq, and count termination include-angle thetae, the pilot heat rate q which has a forward value finds the integral (S175).

[0061] Count of the pilot heat rate integral value Iq shown by S175 is explained with reference to drawing 22. Drawing 22 is a flow chart which shows count of the pilot heat rate integral value Iq in count of the pilot heat rate integral value Iq shown in drawing 21.

(1) Place the original pilot heat rate integral value Iq with zero (S180).

(2) Judge whether the pilot heat rate q is a forward value (S181). When the pilot heat rate q is a negative value or 0, it shifts to S183 and only 1 updates θ_{ac} (counted value) whenever [crank angle].

(3) When the pilot heat rate q is a forward value in S181, add $qx1 (=q)$ to the pilot heat rate integral value I_q (S182).

(4) Set to new crank angle whenever θ_{ac} what added the increment 1 to θ_{ac} whenever [crank angle] (S183).

(5) Judge whether θ_{ac} is below terminal point θ_{ae} of a count include-angle period whenever [crank angle] (S184). When θ_{ac} has not reached terminal point θ_{ae} of a count include-angle period yet whenever [crank angle], it returns to S181 and the above-mentioned processing is repeated. If θ_{ac} reaches terminal point θ_{ae} of a count include-angle period whenever [crank angle], it will return to the flow of count of the pilot heat rate integral value I_q shown in drawing 2121.

[0062] next, in agreement with the desired value the pilot heat rate integral value I_q was beforehand decided to be in the flow chart shown in drawing 20 - drawing 22, if the pilot heat rate integral value I_q can be found in S163 or S167 grade -- as -- the electromagnetism of each injector 3 -- the driving pulse width of face supplied to an actuator 66 is amended. The correction processing is performed according to the flow chart shown in drawing 23. The flow chart shown in drawing 23 is the same as the flow chart shown in drawing 19, and is a flow chart which shows the computation of amount of amendments ΔPW_p of the pilot injection pulse width PW_p performed based on the pilot heat rate integral value I_q . The overlapping explanation is omitted about each step which is common in drawing 19. The injector 31 with which the combustion sequence i was formed in gas column #1 which is 1 is taken for an example, and is explained below. In addition, since it restricts to 1 about the combustion sequence i , it omits for simplification as well as the case where it is based on pilot heat rate peak value.

(1) It is judged from the threshold gamma ignition stage deflection ΔT_e calculated by S141 was beforehand decided to be whether it is size (S190).

(2) The target pilot heat rate integral value I_{qb} which is equivalent to the amount of target pilot heat release according to the pilot injection quantity Q_p , the pilot fuel injection timing T_p , etc. at that time when ignition stage deflection ΔT_e is smallness from a threshold gamma is calculated (S191).

(3) Deflection ΔI_q of the pilot heat rate integral value I_q of an injection gas column (#1) and the target pilot heat rate integral value I_{qb} which ask in S163 grade and are memorized by dual port memory 16 (refer to drawing 4) is calculated (S192).

$\Delta I_q < -I_{qb} - I_q$ (4) deflection ΔI_q is multiplied by Gain G_r , an integral, i.e., the thing which multiplied deflection ΔI_q by Gain G_r , is added to the last amount of pilot injection pulse width amendments ΔPW_p , and amount of pilot injection pulse width amendments ΔPW_p of the next time of each gas column is calculated (S193).

$\Delta PW_p < -\Delta PW_p + \Delta I_q \times G_r$, thus calculated amount of pilot injection pulse width amendments ΔPW_p are used for count (S127) of last pilot injection pulse width PW_{pf} in drawing 17, and processing of each injector 3 shown in drawing 17 is performed hereafter.

[0063] As mentioned above, the computed pilot ignition stage T_{pz} And pilot heat rate peak value q_{max} or the pilot heat rate integral value I_q so that it may be in agreement with the target pilot ignition stage T_{bpz} and the pilot heat rate peak q_{bmax} , or the pilot heat rate integral value I_{qb} Since the driving pulse width of face for pilot fuel injection timing and pilot injection is amended, it sets to pilot injection. The ignition stage T_{pz} of the optimal pilot injection, pilot heat rate peak value q_{max} , or the pilot heat rate integral value I_q according to the operational status of the engine at that time can be acquired. Therefore, it can prevent that phenomena, such as aggravation of operation of an unstable engine, the engine noise, and the exhaust gas engine performance, arise like [in case especially an engine is idle operational status]. Moreover, even if variation and aging are in the injection property of an injector 3, the optimal pilot injection and its combustion can be made to perform.

[0064] If the contents of the above flow chart are summarized with reference to drawing 3, four graphs of the upper case of drawing 3 express change of the cylinder internal pressure P_c accompanying progress of θ whenever [crank angle / of gas column #1-#4], respectively. #

Greet like a compression explosion line one after another in order of a 1 cylinder, # 3 cylinder, # 4-cylinder, and # 2 cylinder. When a certain gas column passes like an explosion line, the following gas column is contained in the compression stroke. Moreover, a BTDC signal is outputted at 60 degrees in front of the compression top dead center of each gas column. Since counted value theta of whenever [crank angle] is 0 and is a four stroke cycle engine in the compression top dead center of # 1 cylinder, it takes a round of the crankshaft 2 rotation 719, i.e., counted value. # About a 1 cylinder, carry out to 180 degrees, i.e., counted value, in front of a compression top dead center, it is 540 or more and carry out to 180 degrees, i.e., counted value, behind a compression top dead center, and when it is less than 180, store the cylinder internal pressure data of # 1 cylinder. Based on the stored data, MENN processing is calculated in the predetermined time amount of 180 degrees behind a compression top dead center, and injection valve drive processing of an injector 31 is performed based on a next BTDC interrupt signal. moreover, peak-value qmax of the heat rate as an index of the magnitude of the amount of pilot heat release which generates by ignition and combustion of the fuel injected by pilot injection in the count section as shown in drawing 24 or drawing 27 , or the integral value Ip of a heat rate are calculated, and the optimal amount (equivalent to the area shown by hatching) of pilot heat release corresponding to the heat rate shown by the dotted line in drawing 24 maintains -- as -- the electromagnetism of an injector -- pilot fuel injection timing and the driving pulse width of face of an actuator are controlled.

[0065]

[Effect of the Invention] Since the pilot fuel-injection control approach of the engine by this invention and its equipment are constituted as mentioned above, they do the following effectiveness so. Current engine target pilot fuel injection timing and the current engine target pilot injection quantity according to operational status are calculated from target pilot fuel injection timing and the target pilot injection quantity which are beforehand decided based on engine operational status. Namely, by pilot injection The heat rate which the injected fuel burns and is serially searched for based on the pressure of a combustion chamber as a stage to just change from negative It corresponds to the ignition stage and pilot injection which are determined. The heat rate peak value within the period decided beforehand Or a heat rate integral value so that it may be in agreement with the target ignition stage, the target heat rate peak value, or the target heat rate integral value defined according to target pilot fuel injection timing and the target pilot injection quantity, respectively Next pilot fuel injection timing and the next pilot injection quantity in pilot injection are amended. the electromagnetism which operates an injector as a controlled system -- the output stage of the driving pulse of an actuator and its pulse width are chosen.

[0066] Individual difference is in each injector, or even if it is a case even if it is the same injector, so that a pilot injection property may be changed by aging, it is controlled so that fuel injection timing and the injection quantity by pilot injection are in agreement with desired value, respectively. Since optimal control from which the pilot injection quantity required for required fuel injection timing is always secured in pilot injection is performed, the variation in pilot injection is controlled and it becomes possible to maintain engine actuation stability, engine exhaust gas engine performance, etc. good. Since the variation in the strength of a pilot ignition stage and heat release is mitigated, as a result of being in the situation that engine operational status tends to become unstable originally, in engine idling operational status since the engine speed is low, but stabilizing combustion by pilot injection, also stabilizing combustion by the subsequent Main fuel injection further and securing engine good operational status especially, the exhaust gas engine performance is maintained good. Consequently, while operation of an engine does not become unstable and the engine noise is controlled, aggravation of exhaust gas engine performance, such as generating of NOx or a smoke, can be prevented.

[0067] Moreover, the feedback control of the pilot injection quantity is forbidden until amendment of pilot fuel injection timing is stabilized until deflection with desired value becomes smaller than the threshold decided beforehand about the ignition stage of the fuel injected by pilot injection namely. Since control of the pilot injection quantity is performed after pilot fuel injection timing is stabilized, the pilot injection quantity does not become [too little / excessively or], and pilot injection is stabilized.

[Translation done.]

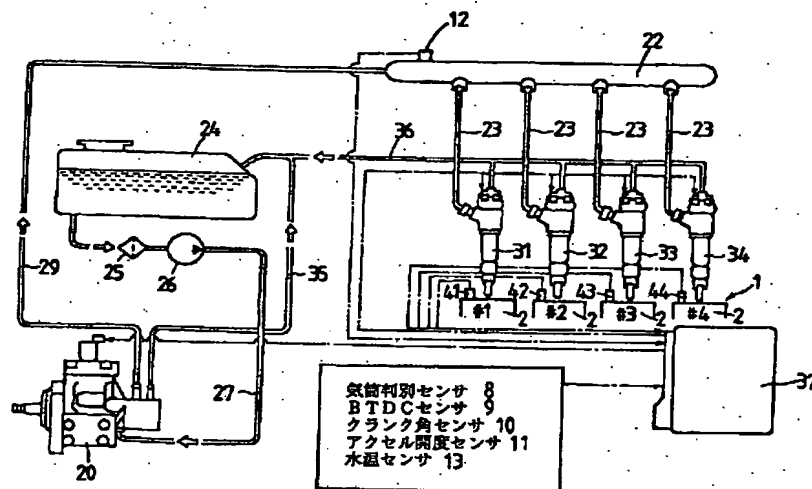
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

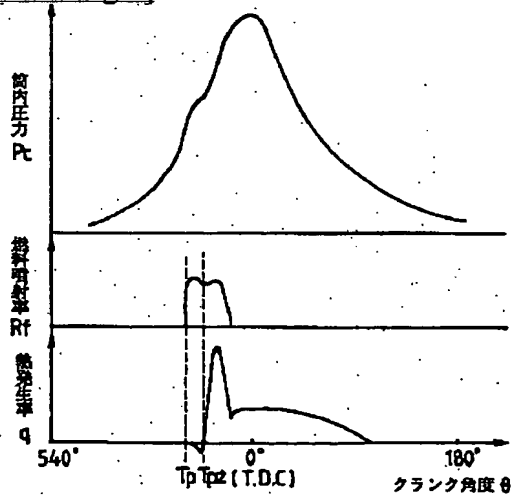
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

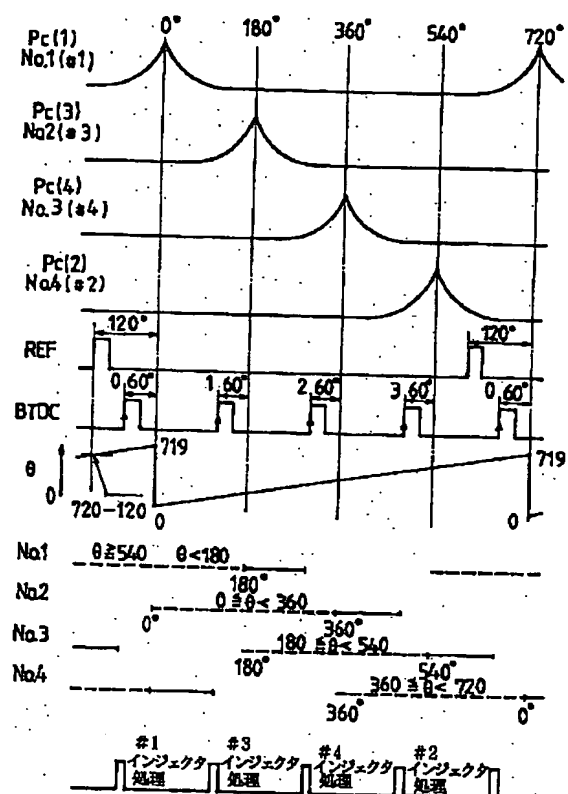
[Drawing 1]



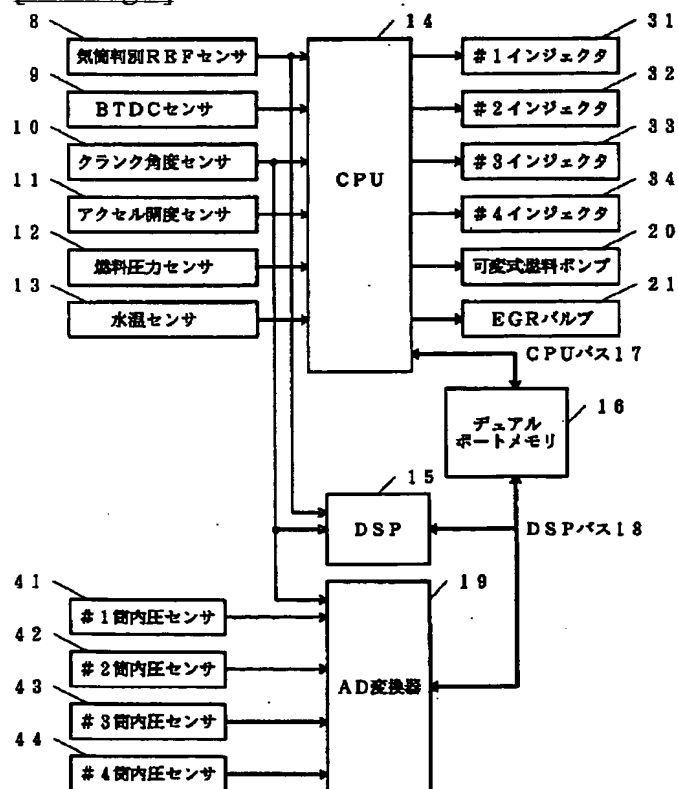
[Drawing 2]



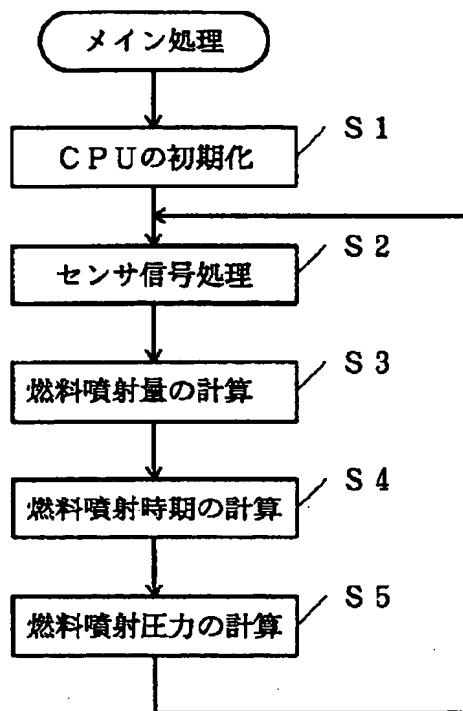
[Drawing 3]



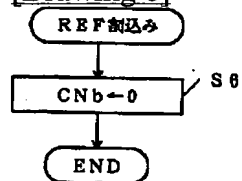
[Drawing 4]



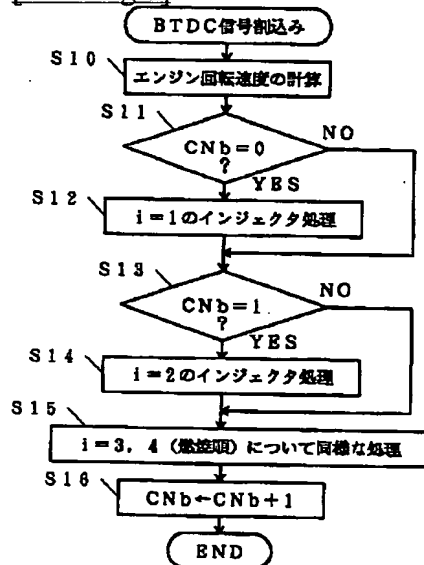
[Drawing 5]



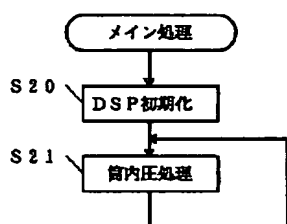
[Drawing 6]



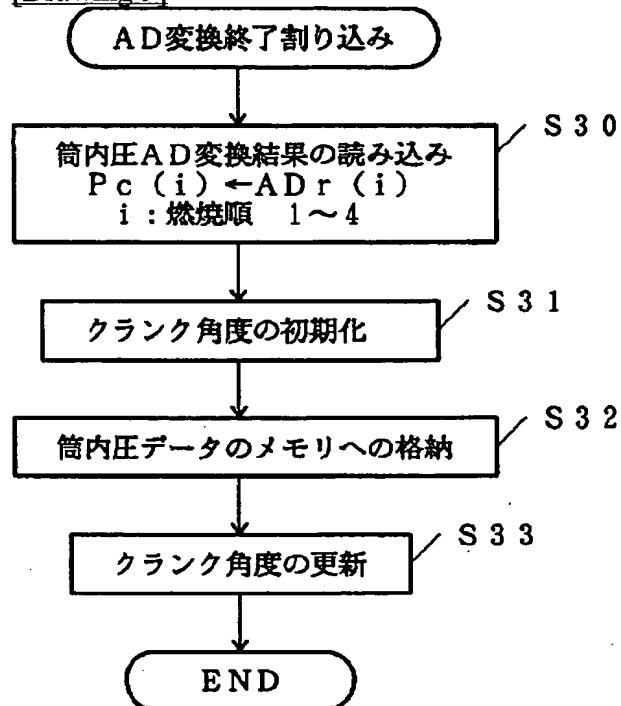
[Drawing 7]



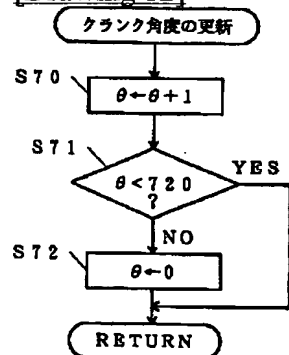
[Drawing 8]



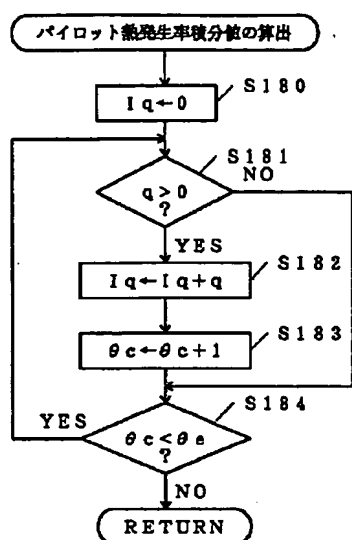
[Drawing 9]



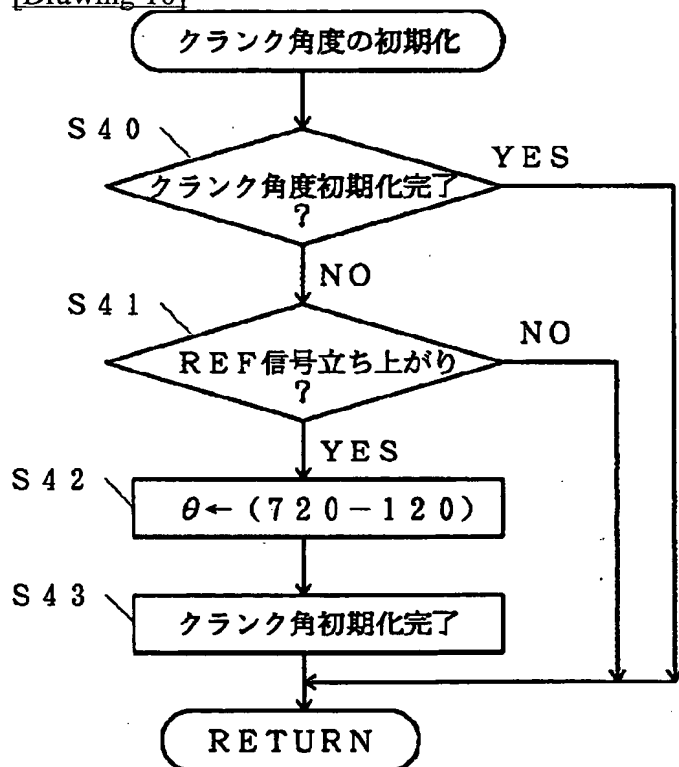
[Drawing 12]



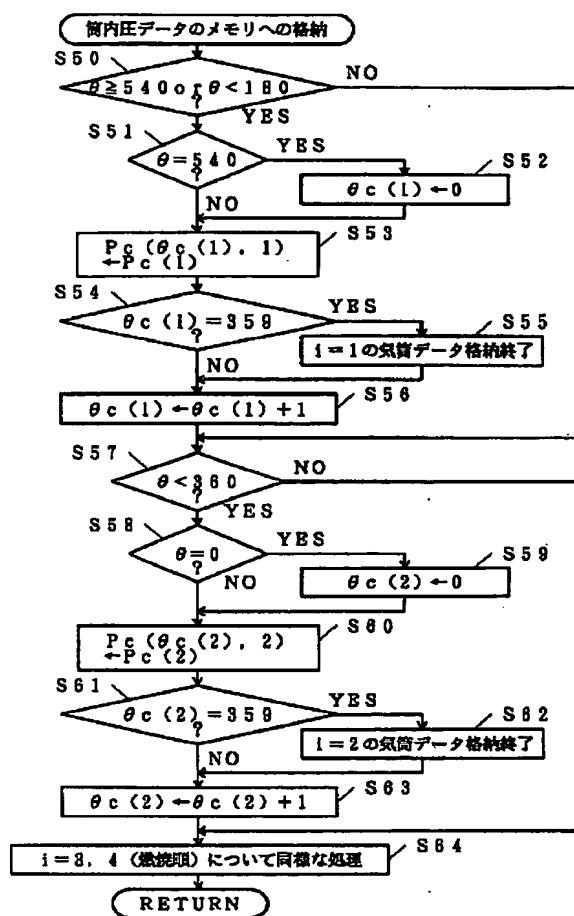
[Drawing 22]



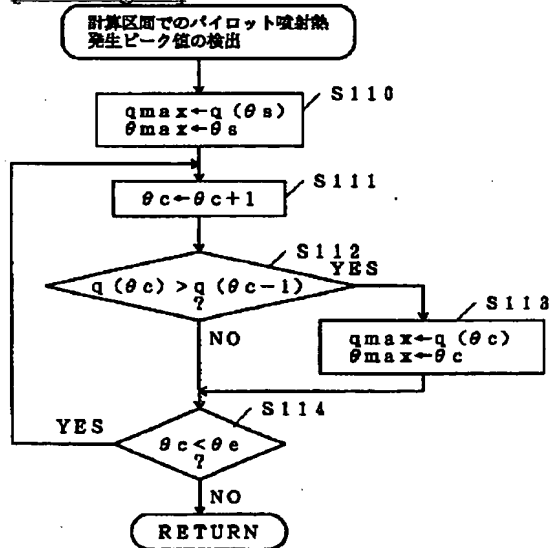
[Drawing 10]



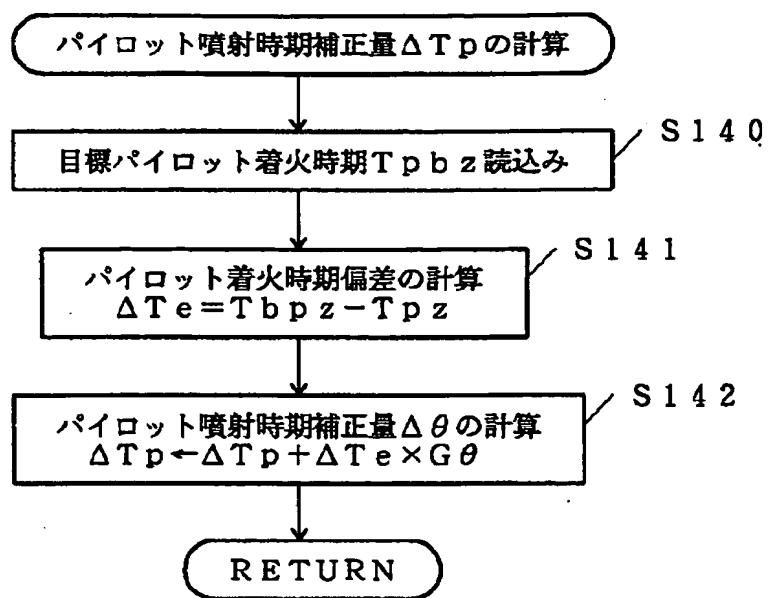
[Drawing 11]



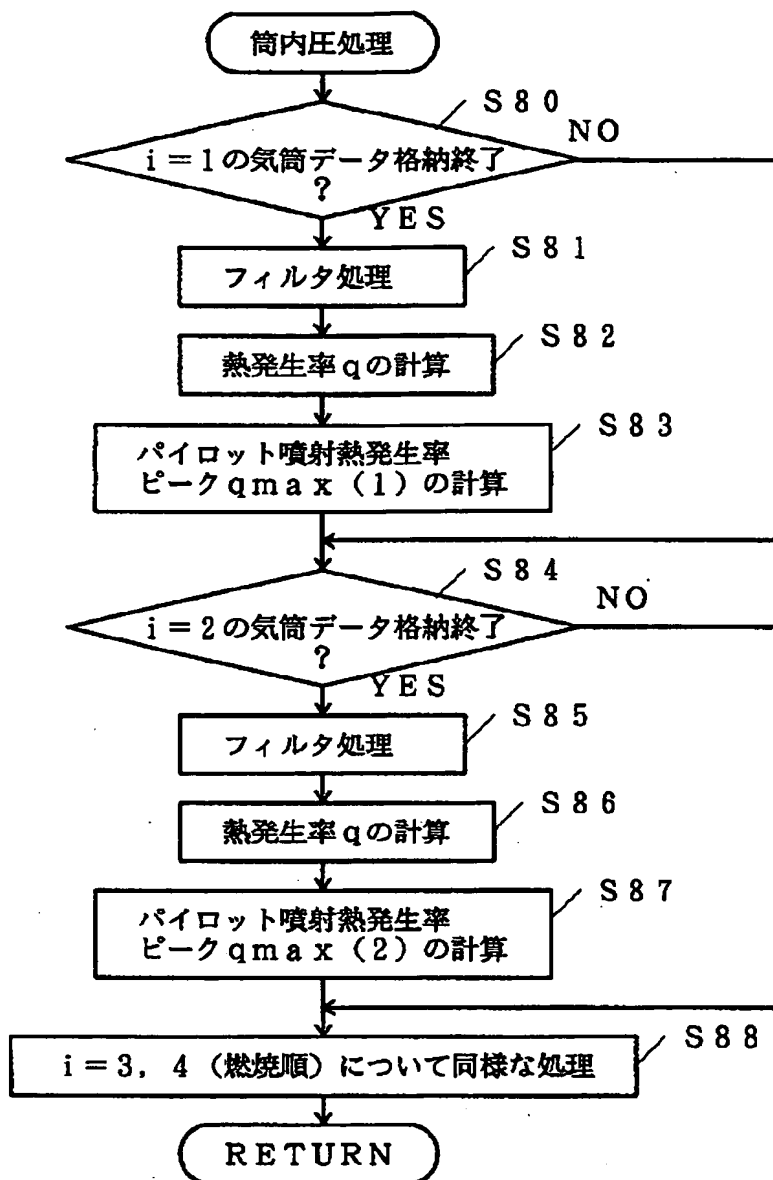
[Drawing 16]



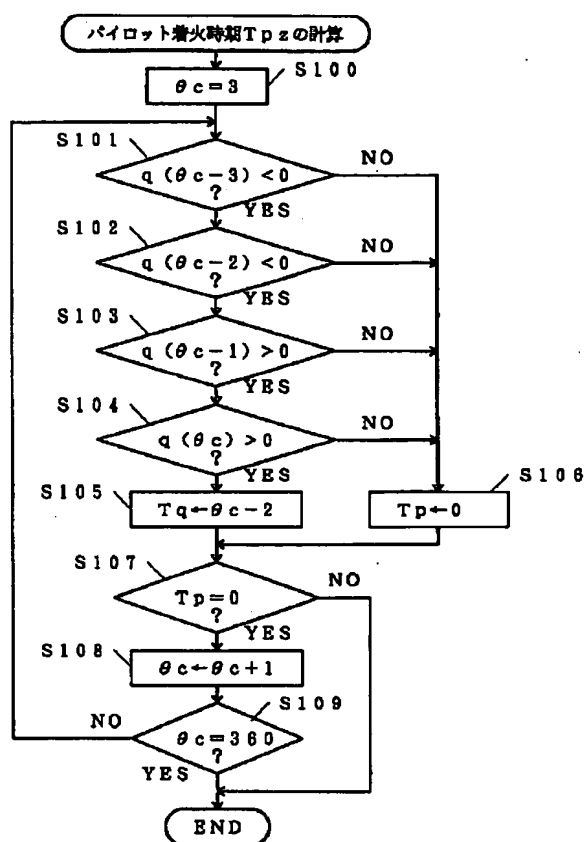
[Drawing 18]



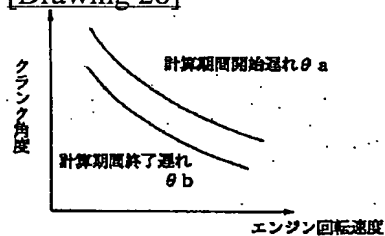
[Drawing 13]



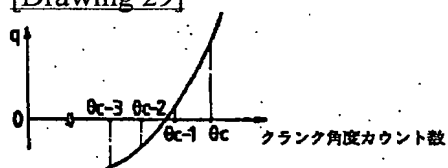
[Drawing 15]



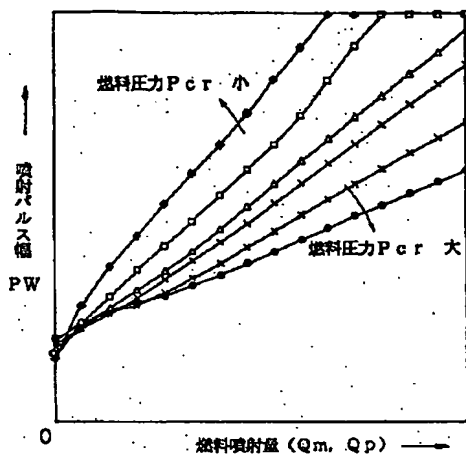
[Drawing 28]



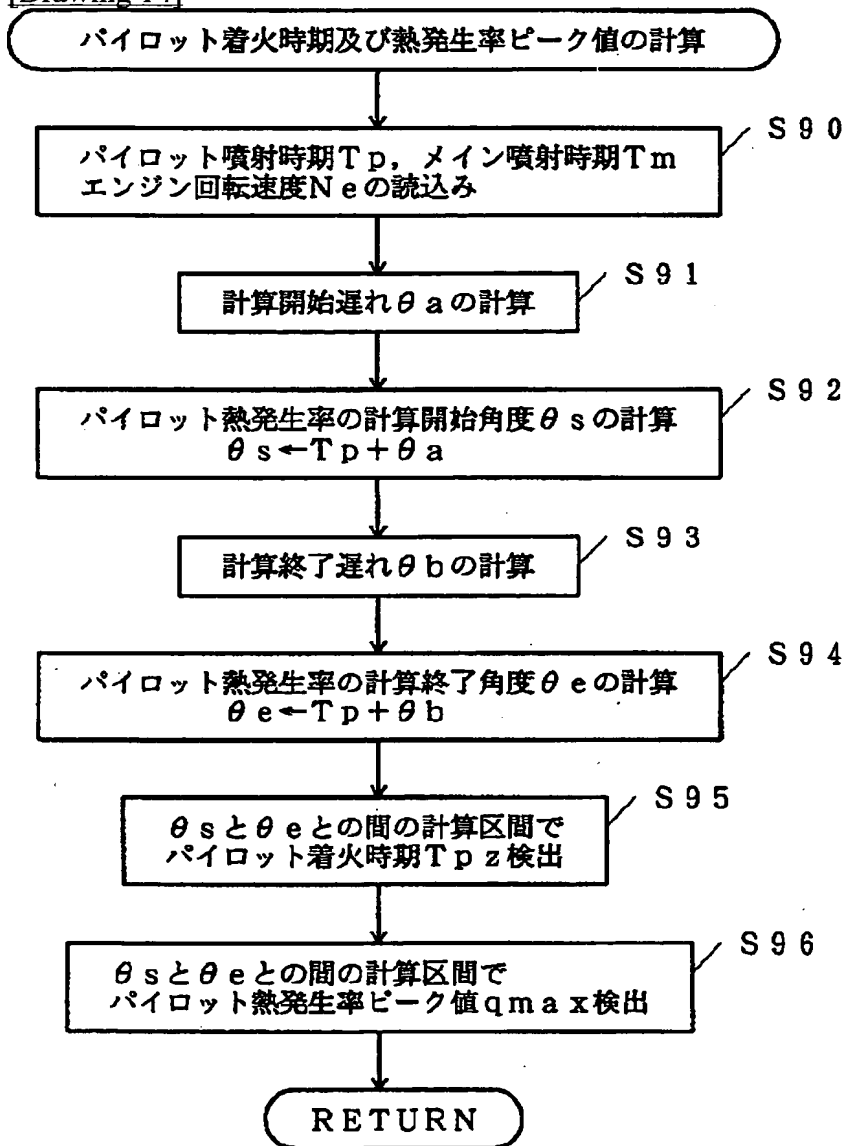
[Drawing 29]



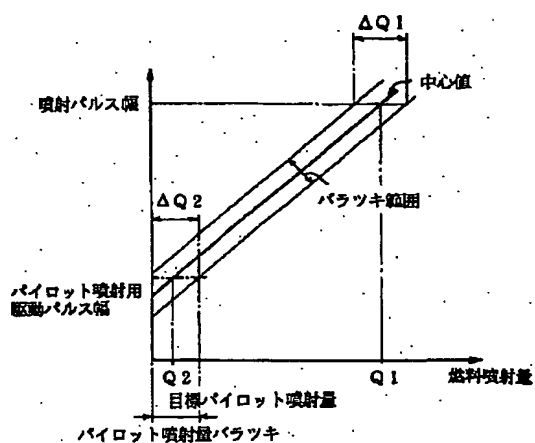
[Drawing 31]



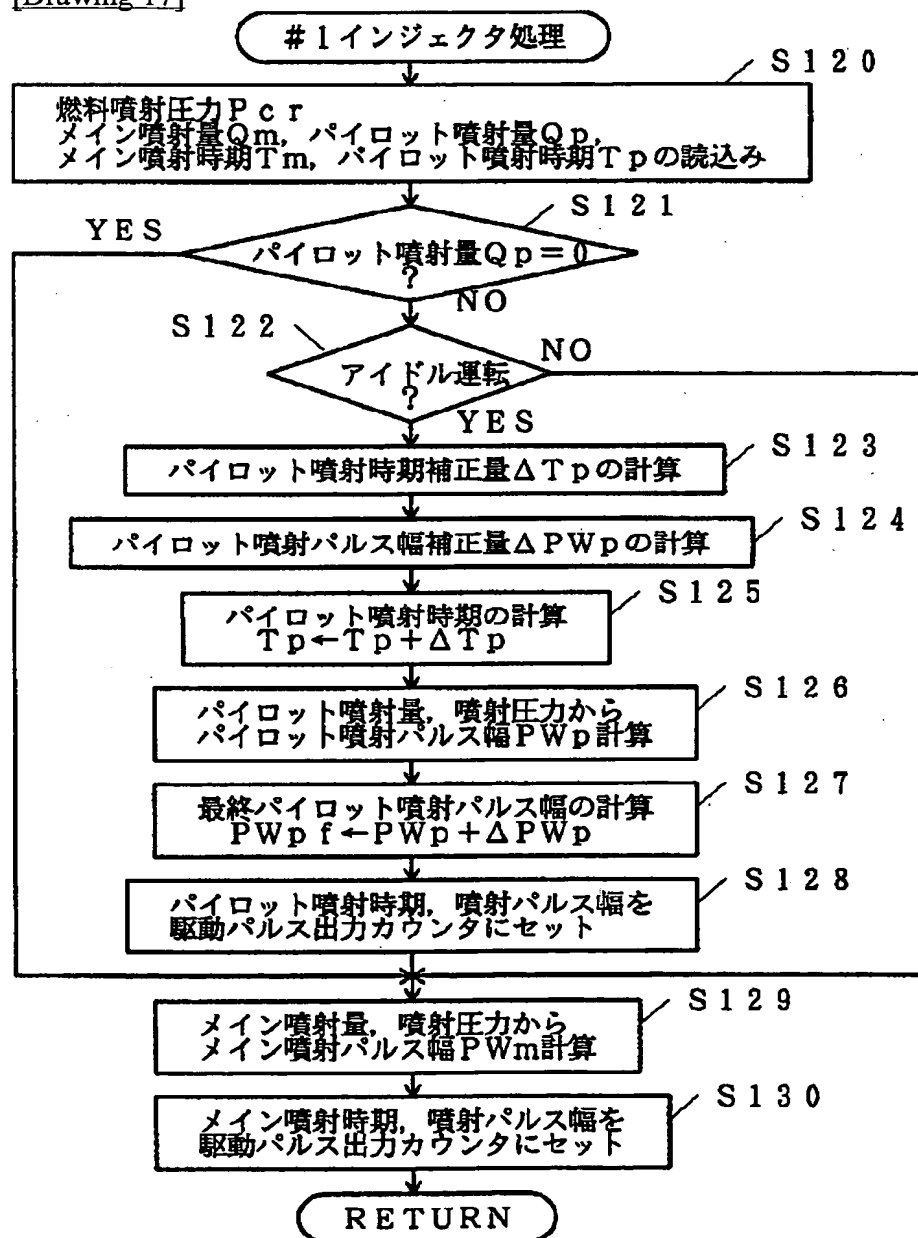
[Drawing 14]



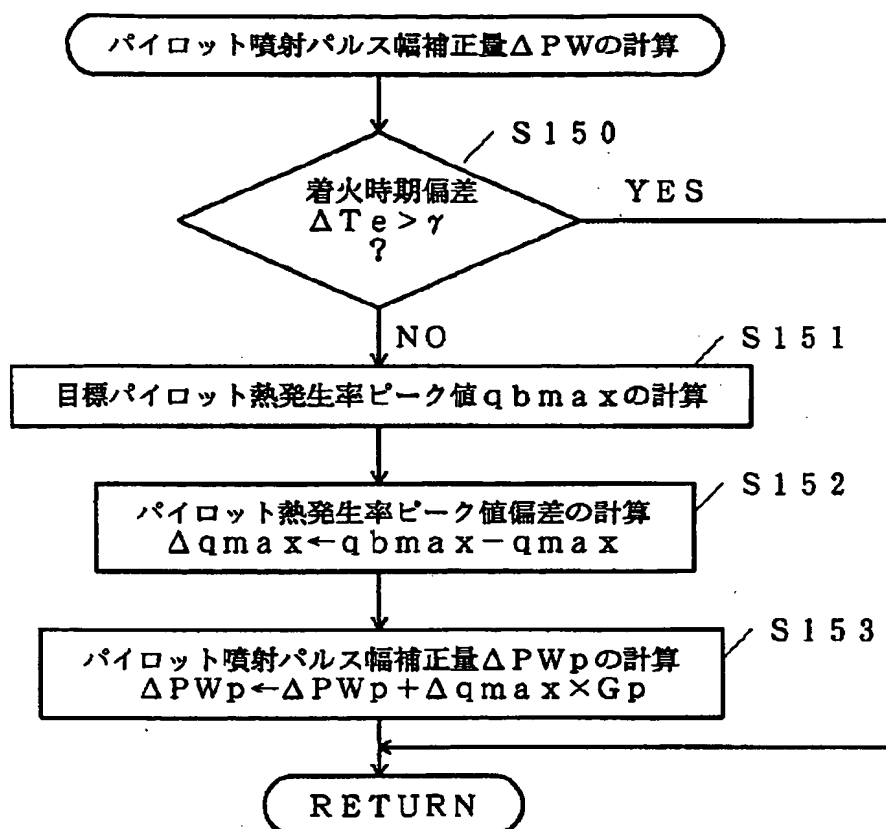
[Drawing 32]



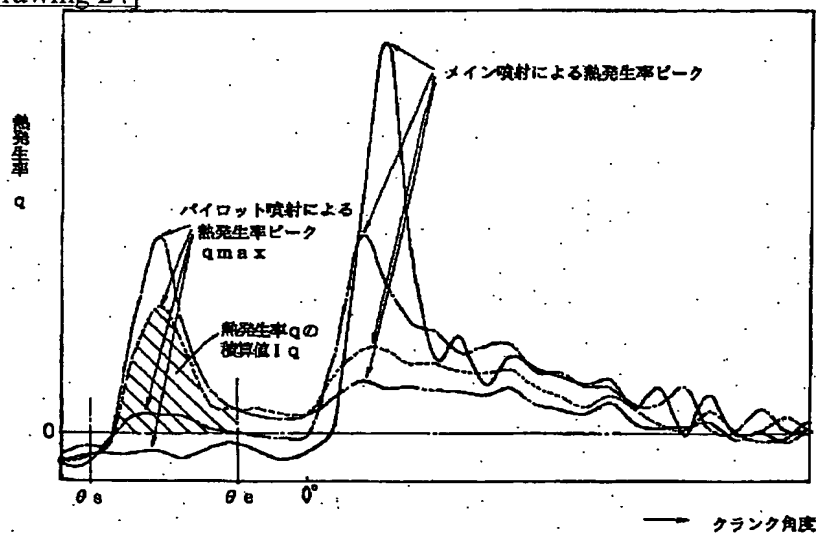
[Drawing 17]



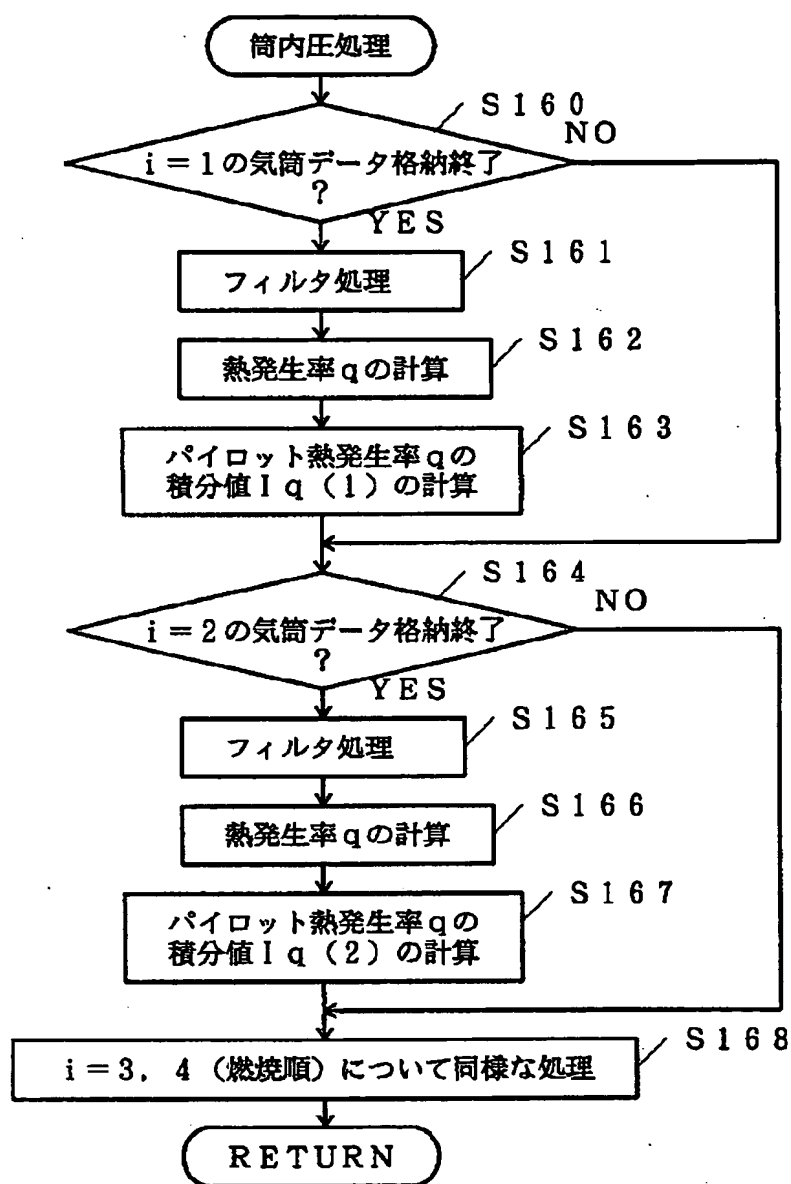
[Drawing 19]



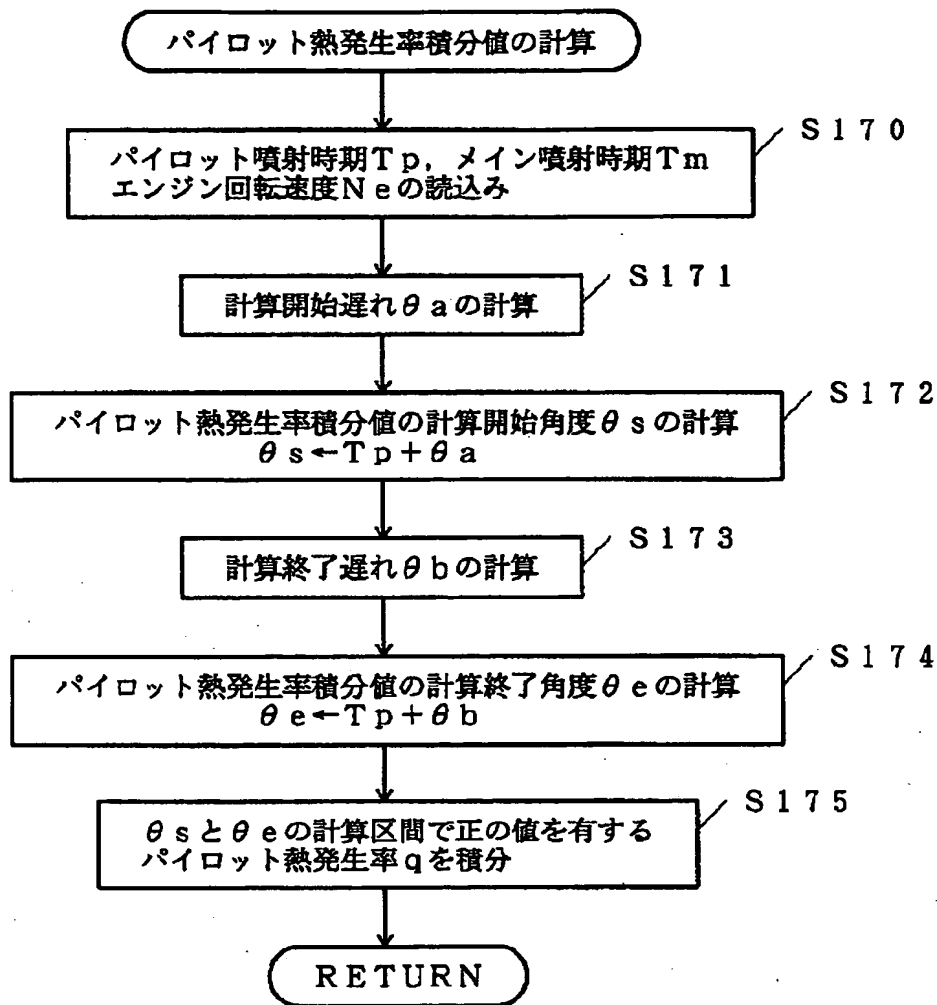
[Drawing 24]



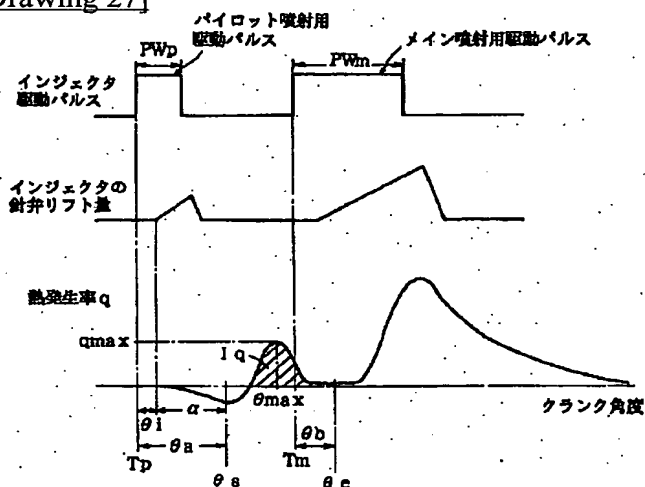
[Drawing 20]



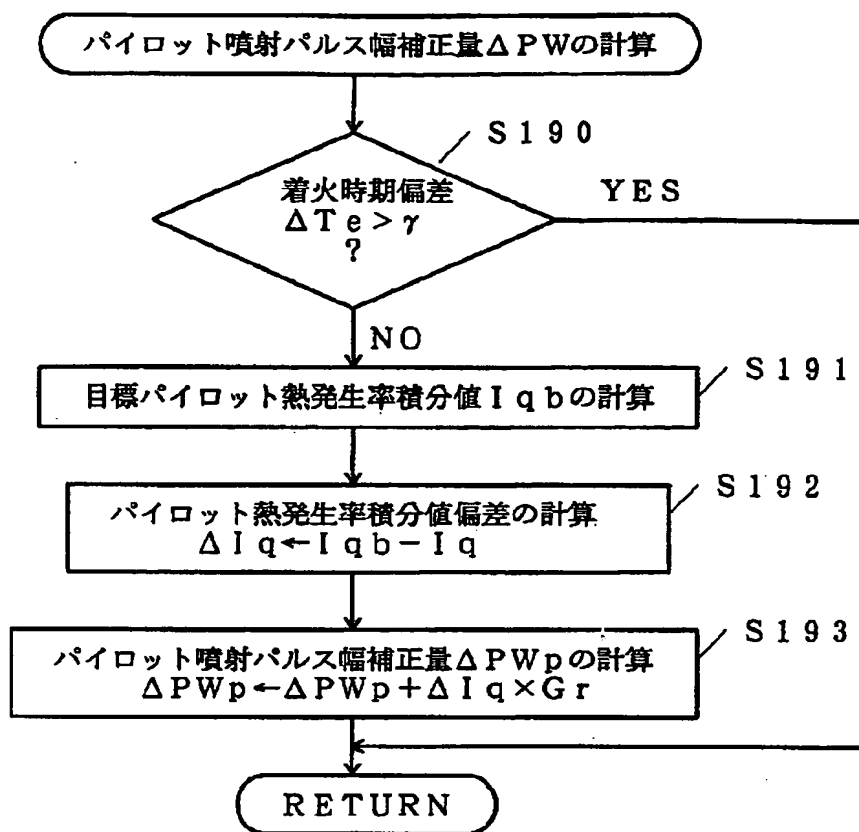
[Drawing 21]



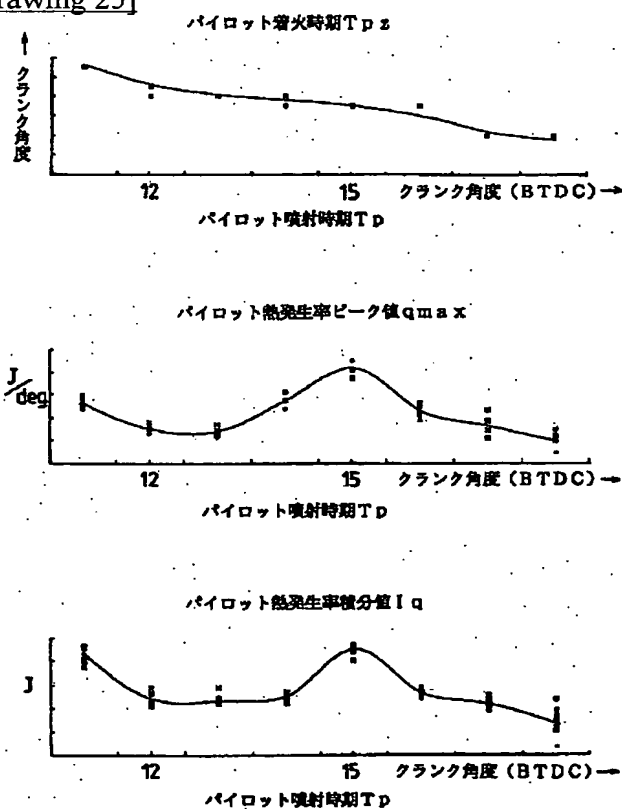
[Drawing 27]



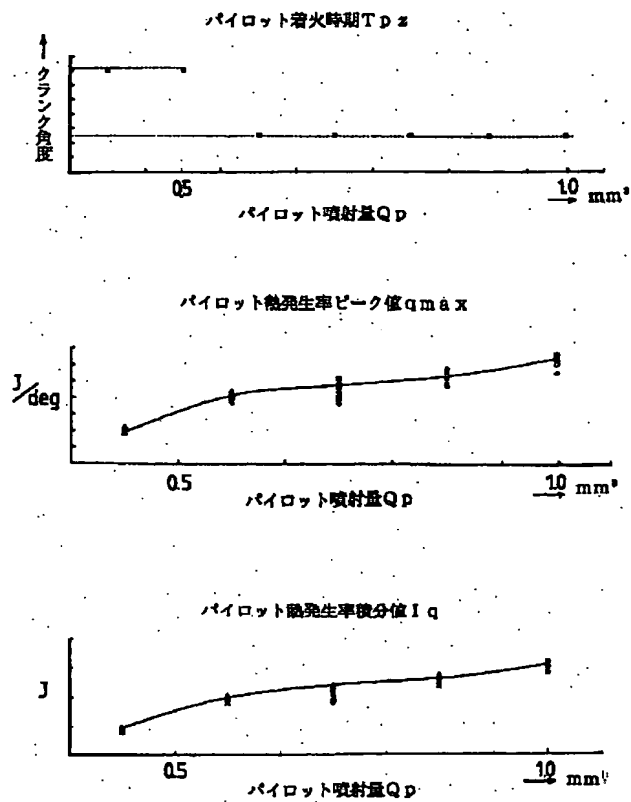
[Drawing 23]



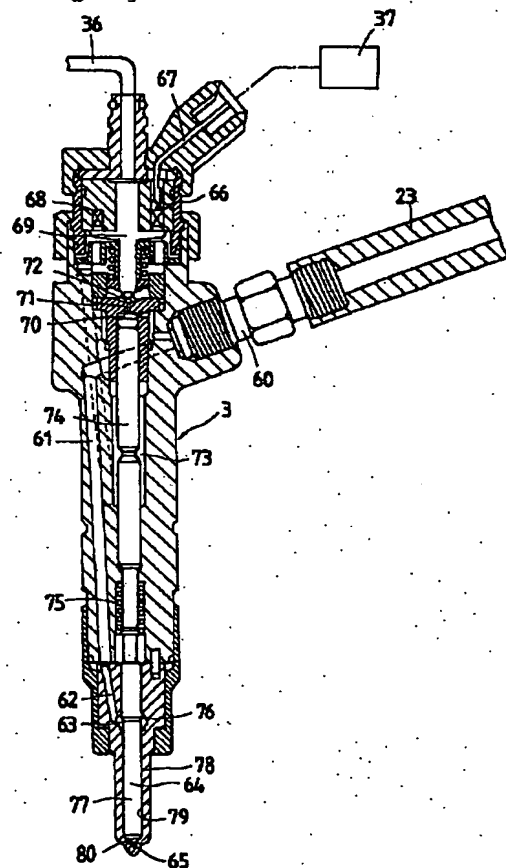
[Drawing 25]



[Drawing 26]



[Drawing 30]



[Translation done.]

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☒ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.